

石油产品应用原理

上册

苏联 B. B. 罗西科夫等著

石油工业出版社

石油产品应用原理

上册

苏联 B·B·罗西科夫等著

常汝楫 丁振铎译

石油工业出版社

內 容 提 要

石油产品应用原理上册講的主要是發动机燃料的应用，它們的操作特性以及發动机对它們的要求。

本書对于点燃式發动机燃料的蒸發性、抗爆性等主要特性以及柴油機中燃料的供給、燃料空气混合物的形成、燃料的發火与燃燒等問題都作了詳尽的敘述，并且列出了許多关于燃料应用的实验資料。

書中还有專章講到空气噴气式發动机燃料和鍋爐燃料的应用。

譯文是由黃乙武同志作技术审閱的。

Б. В. ЛОСИКОВ Н. Г. ПУЧКОВ

Б. А. ЭНГЛИН

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

НЕФТЕПРОДУКТОВ

根据苏联国立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1955年莫斯科版翻譯

統一書号: 15037·256

石 油 产 品 应 用 原 理

上 册

常汝梅 丁振鈞譯

*

石油工業出版社出版(地址: 北京六鋪炕石油工業部十号楼)

北京市書刊出版業營業許可証出字第083号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 * 印張9号 * 207千字 * 印1—1,800册

1957年6月北京第1版第1次印刷

定价(11)2.00元

本書各篇、章的著者：

序言、第三篇及第四篇的第三、四、五章是由技术科学博士 Б. Б. 罗西科夫教授执笔；第二篇的第二、四章及第四篇的第二章是由技术科学副博士 Н. Г. 普奇柯夫执笔；第一篇及第二篇的第一、三章是由技术科学副博士 Б. А. 恩格林执笔；第四篇的第一章为技术科学副博士 Н. Г. 普奇柯夫与技术科学副博士 Н. И. 卡威利娜合著。

目 录

序言

第一篇 發動機概論

一、發動機的分類	6
二、活塞式內燃機	7
三、空氣噴氣式發動機	13

第二篇 燃料的应用

第一章 点燃活塞式內燃機燃料的应用

第一节 燃料的蒸發性

燃料蒸發性概論

燃料在汽化器式發動機中的蒸發

燃料在直接噴射時的蒸發

氣阻的形成

燃料蒸發性的評定

燃料的餾分組成對發動機工作的影响

第二节 燃料的抗爆性

燃料在發動機內的燃燒及其與使用因素間的关系

使用因素對燃燒过程的影响

產生爆震的理論

影响爆震的各种因素

烴類的抗爆性

不同化学成分的燃料的抗爆性及其对

乙基液在接受性

燃料中的雜質對燃料乙基液接受性的影响

抗爆剂的作用机理

含有抗爆剂(乙基液)的汽油的性能

第三节 燃料的化学安定性

第四节 燃料在發動機中形成炭沉积的傾向

第五节 燃料的腐蝕性

第六节 燃料的成分和品种

航空汽油

車用汽油

第二章 柴油機燃料的应用

第一节 柴油机的优点及其对燃料的要求	128
第二节 发动机的供油	129
供油方式与主要供油装置	129
燃料品质对其向发动机供油的影响	138
燃料的压缩系数与向发动机汽缸内 正确的定量供油的关系	149
第三节 发动机中混合气的形成	150
燃烧室内的温度与压力	150
燃料的雾化	151
燃烧室的构造	154
燃料性质对液流雾化的影响	160
柴油机燃料的蒸发性能	164
第四节 燃料在柴油机中的发火与燃烧	169
柴油机燃料的燃烧阶段与燃烧条件	170
燃料性质对于混合气发火及燃烧性能的影响	173
柴油机燃料的最良好的化学族组成	180
裂化产品的使用	185
氢化产品及合成产品的应用	188
柴油机燃料的添加剂	190
燃料的馏分组成	192
第五节 燃料性质对柴油机的腐蚀、磨损 及积炭生成的影响	194
第六节 低速柴油机燃料的应用	203
第七节 柴油机燃料的种类及用途	205
第三章 喷气式发动机燃料的应用	209
第一节 喷气式发动机的工作条件	209
第二节 对于喷气式发动机燃料的要求	216
第三节 喷气式发动机燃料的蒸发性能	217
第四节 燃料的化学成分	225
第五节 燃料的低温性能	230
第六节 燃料的稳定性及其腐蚀性	232
第四章 液态锅炉燃料的应用	235
第一节 液态锅炉燃料的分类	236
第二节 液态锅炉燃料的质量与应用特点	237
第三节 液态锅炉燃料的商品种类	250

序 言

“石油产品应用原理”一書，向机械師、煉油技師、石油加工和石油产品应用專家介紹了一些有关各种主要石油产品的現代要求及其在国民經济中合理使用方面的必要知識。

由于对發动机及其它机器所用燃料和潤滑油質量的要求逐年增長，从而产生一嶄新的科学部門——石油产品（燃料、潤滑油及潤滑脂）的应用科学。这一門新知識的特点是：一方面它將石油产品的化学和工学緊密的联系在一起；另一方面是將使用这些石油产品的發动机及机械的制造技术和使用經濟性問題也緊密的联系在一起。

只有經常地遵守下列两个条件，才能順利地解决这些問題：

(1) 选择及使用适当品質的石油产品；

(2) 正确地、慎重地使用石油产品。

違反这些規則便能使我們的国民經济受到巨大的損失。

石油产品質量的意义可用一些簡單的例子說明。

例如，当在CT3-XT3-1拖拉机上使用不同終餾点的煤油时，曾得到表1內的結果。

使用餾分組成較窄的煤油能降低單位耕地面积燃料消耗的8.3%，且耕地質量良好，并降低發动机磨損約60%。

同样，車用汽油的終餾点仅从225°C降到200°C，便能得出如表2、3、4中所指出的結果。

在温度約为0°C时所进行的比較使用試驗表明，終餾

表 1

拖拉机工作 240 小时后的耕地質量、燃料消耗量和發动机的磨損

指 标	煤油的終餾点 °C	
	335	315
耕地数量，公頃	78.9	88.4
耕地深度，公分	17.8	20.1
煤油的消耗量， 公斤/公頃	23.9	21.9
活塞环的磨損， 克	19.5	9.6
潤滑油灰分中的 鉄含量，克	71	29

表 2

車用汽油在 КИМ-10 發動
機上的消耗量

汽油的終 餾 點 °C	在下列溫度下起動時汽 油的消耗量, 克		
	0°	-6°	-16°
200	8.7	30	399
225	10.0	48	678

表 3

終餾點 230°C 的汽油與終餾點
225°C 的汽油用於發動機預
熱時的消耗比, %

試驗種類	НАТИ	ГАЗ	КИМ	ЗИС
越野試驗	93.5	82	—	—
試驗台試驗	—	94.5	78	84

點 200°C 的汽油可以節省 2—3%。當然，在更低的溫度下使用輕
質汽油的經濟性將會更高。

汽車發動機零件的磨損

表 4

汽油的終 餾點, °C	零 件 的 磨 損, 微 米					
	ГАЗ 汽缸	КИМ 活塞	活 塞 環		ГАЗ 軸 頸	
			ГАЗ	КИМ	聯桿軸頸	主 軸 頸
200	32	14	122	96	13.5	45
225	78	20	249	139	23	43

如將這些微小的百分數和燃料單位消耗量的差數(公斤或克)
乘上幾十萬台拖拉機所耕種和開墾的幾千萬公頃的土地後，那末
數字就大得可觀了。若將零件磨損的微米數乘上今日在我國田野
和道路上行駛的千萬輛汽車和拖拉機，同樣也是筆巨大的機器修
理費用。

機械用潤滑油的正確選擇亦具有很大的意義。設計家在為新
機器選擇潤滑油時經常面臨着難題，即首先照顧可靠性還是照顧
經濟性。

現在柴油機的機械效率，一般約為 72—85%，而蒸汽透平的
機械效率則更高。因此這些機器固有的摩擦損失不超過發動機所
用全部燃料能量的 8—12%。顯然，潤滑油粘度的顯著變化固然

能引起消耗在克服潤滑部件中摩擦阻力的能量的相应变化，但粘度的显著变化在这里是没有什么重要意义的。

在这里选择潤滑油时，必須考虑可靠性和减少磨損，因这些机器的价值很高。

与此相反的情形可由紡織工業中的机器的潤滑來說明。例如紡織机錠子的潤滑方面，可靠性問題則無甚意义，然而在克服紡織工業机器中的摩擦所消耗的能量，E. A. 秋达科夫院士証明，为該类机器全部所需能量的85%。因而，从节省能源的观点看来，选择潤滑油的必要粘度在这里是有着巨大意义的。从下面所說的就可証实这一点，在近三十年代中按照苏联工程师們的倡议，在紡織工業中許多机床的潤滑由3号錠子油改用2号錠子油，曾在若干工厂中节省了25—28%的料燃。

尚可举出很多的例子，可以說明石油产品的質量在保証發动机和机械工作可靠和經濟方面的意义。

这样一来，机器越复杂、发动机的速度越高、發热越强，則对燃料和潤滑剂質量所提出的要求也越严格越复杂。

对石油产品質量的要求是随着机器制造技术的发展越来越复杂的。正如前面所述，机器和發动机安全使用的可能性取决于对这些增長的要求的保証程度。

这便指出了石油化学及石油工学领域中，在最近二十年中研究工作的正确方向。

远在1935年的石油产品技术标准中，航空汽油的質量仅是用比重和馏分組成两个指标来表示的，并且只用三种汽油（按其产地分別命名为格罗茲內汽油、巴庫汽油和克拉斯諾达尔汽油）就保証航空的全部需要。

現在，石油工業出产九种标准航空燃料油，每种油的質量用15个指标来表示。同样地，汽車燃料、柴油和其他产品也是如此。

在不久以前，評定潤滑油品質用的参数一欄中，仅有粘度在某种程度上能表示出潤滑油的使用性質，而所有其他指标主要是用来檢查工厂中制造潤滑油的工艺过程或原料性質。和以前不

同，現代潤滑油品質的參數，主要是用來評定潤滑油的各個具體使用性質。

現代潤滑油的特性主要的不是凝固點本身，而是低溫下的驅動性能和起動性能。在現代規格中，抗氧化安定性、抗腐蝕性、防止活塞環在內燃機中燒毀的特性等要求代替了潤滑油的顏色、膠質含量、酸值、荷性鈉試驗等表示潤滑油精制的深度和精制得仔細與否的指標，並佔據了首要地位。

其原因是幾乎每種理化常數都有一定的使用意義。例如，只有在改善燃料油的抗爆性（辛烷值、品度）的時候，才能提高內燃機的壓縮比和增壓；要提高最大飛行高度，就要求改變航空燃料的蒸發性（餾分組成、蒸汽壓）；要增加汽化器式發動機和柴油機軸承上的負荷，便要求改善潤滑油的粘性和潤滑性能。

新金屬和合金在機器製造業中的使用，引起在潤滑油技術條件中加入新的要求，特別是腐蝕的預防等。

透平油和變壓器油抗氧化安定性標準的實施（1925年），以及後來的壓縮機油抗氧化安定性標準的實施（1935年），便是這個方向中的第一步。根據這些新的要求，燃料和潤滑油的生產工藝要不斷的改進，這便首先要要求原油及石油產品研究工作的主要方向要徹底改變。

俄國以及蘇聯的學者們在解決石油產品使用的基本問題中居于優先地位。

尼古拉·帕符洛維奇·彼得洛夫（1836—1920年）的天才創作——潤滑的流體動力學理論（1883年），在H. E. 茹柯夫斯基、C. A. 恰普里庚院士和Л. C. 列依賓松院士們的著作中得到進一步發展，成為今天與機器摩擦部分計算有關的一切工作中的可靠而方便的工具。

弗拉第米爾·格利高里也維奇·舒霍夫發明的蒸汽噴嘴（1880年）是燃燒石油的最早設備，是以後各種噴嘴改制品的雛型，在今日來講，該種設備仍然是最經濟的一種設備。在石油和石油產品的泵送、保管和加工等一系列問題中，B. Г. 舒霍夫佔

有优先的地位。

下列各方面工作的广闊發展可以作为苏联最近三十年来的標誌：燃料使用过程的研究（Н. Н. 謝苗諾夫院士，А. С. 索柯利克教授，К. И. 伊万諾夫教授等）；新的高效率燃料的制造（Н. Д. 澤林斯基院士，В. Л. 莫尔达夫斯基，А. И. 陀拉杜庚，Ю. Л. 赫密里尼次基，А. В. 弗罗斯特，К. К. 杜勃罗瓦依，К. П. 拉夫罗夫斯基）；矿物油氧化性能的研究（В. Г. 狄欽宁，Н. И. 切尔諾茹可夫，С. Э. 克列英，Н. А. 布特柯夫等）；潤滑油的粘性和低温性能的研究（Д. С. 維里柯夫斯基，М. П. 沃拉罗維奇，Г. В. 維諾格拉多夫等），以及使用特种添加剂来改善潤滑油的品質（М. Г. 魯金科，К. С. 拉瑪雅，Ю. А. 平克維奇，Н. И. 切尔諾茹可夫，С. Э. 克列英等）。

近年来在專業書籍中，有关石油产品在各种發动机和机器，如航空、汽車汽化器發动机，各种用途的柴油机及蒸汽动力設備中的使用問題的研究佔有很重要的地位。

在这方面所取得的許多成績下面就要談到。

第一篇 發動機概論

一、發動機的分類

燃料和潤滑油只有在能够完全滿足發動機對其所提出的質量要求時，才能够在發動機和機器中獲得正確而合理的使用。這些要求與發動機的工作原理、構造、工作溫度狀態和使用條件有關。因而，在論述燃料和潤滑油的特性及其使用條件之前，必須對現有的發動機的主要種類作一個簡明的介紹。

一切將燃料燃燒的熱能轉變為機械能的熱力發動機，可根據燃料燃燒地方的不同分為內燃機和外燃機兩類。在內燃機中燃料直接送到發動機內（汽缸或燃燒室）并在其中燃燒；在外燃機中，例如蒸汽機或蒸汽透平中，燃料是在一個專用的機件（蒸汽鍋爐的爐膛）中燃燒。

外燃機對燃料質量要求很低，可用任何狀態的燃料——固體、液體或氣體燃料工作。內燃機對燃料質量的要求則較嚴格，它僅能用液體和氣體燃料工作。在內燃機中使用固體燃料迄今仍處於個別的試驗階段。

內燃機分為活塞式發動機和燃燒室式發動機（氣體渦輪、空氣噴氣式和液體噴氣式發動機）。

根據工作混合氣產生的方法不同，活塞式發動機可分為點燃式和壓燃式（柴油機）兩種。

火花點燃式發動機現有兩類：汽化器式和直接噴射式。前者的燃料混合氣是在一個特制的裝置（汽化器）中生成的，後者的燃料混合氣是在發動機汽缸中直接生成的。

壓燃式發動機分為壓縮機式和非壓縮機式兩種。在壓縮機式發動機中，燃料用壓縮空氣進行霧化，而在非壓縮機式發動機中燃料則用燃料泵進行霧化。

最後，點燃式發動機和壓燃式發動機（柴油機）依工作循環的

不同又分为四冲程和二冲程發動机。

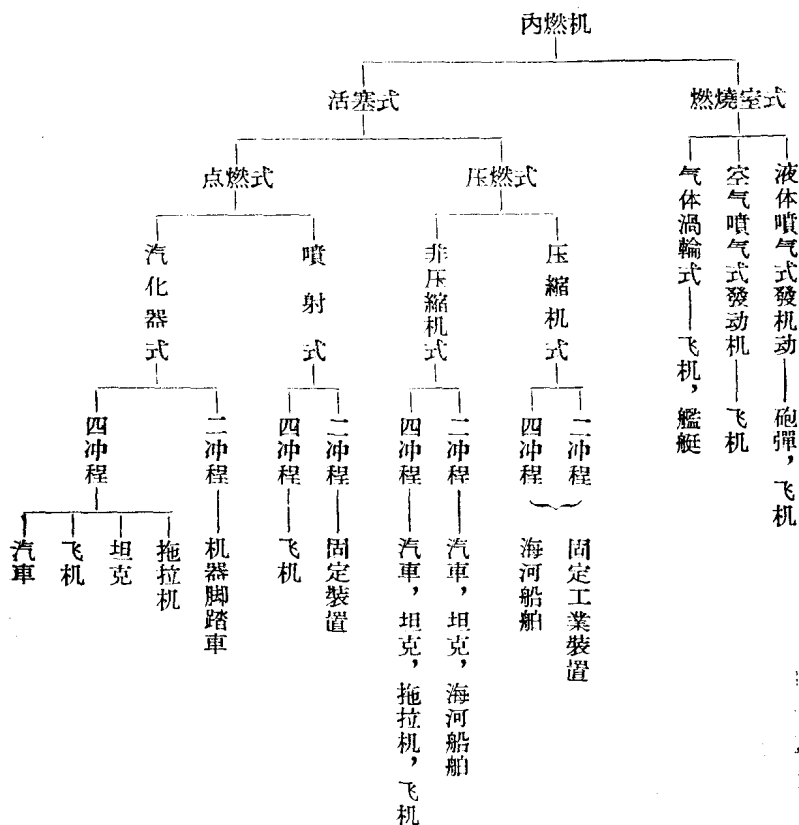


圖 1 內燃机的主要种类

圖 1 所示为內燃机的主要种类圖和它們的使用范围。

直接影响对燃料和潤滑油質量要求的發動机的主要構造部分、發動机的工作条件和指标，將在以下适当的章节內論述之。

二、活塞式內燃机

表示任何一种內燃机工作的主要指标是發動机的功率和經濟性。發動机的功率和經濟性与許多構造上和使用上的因素有关。

由發動机汽缸产生的功或功率，即所謂指示功或指示功率，

只不过是燃料燃烧时所放出热能的一部分，也就是变为机械能的那一部分。这个变化的程度可用指示效率来表示。指示功率或有用功率与燃料消耗 $C_{\text{小时}}$ 、燃料热值 H_i 和指示效率 η_i 成正比，以下式表示之：

$$N_i = \frac{C_{\text{小时}} H_i}{632} \eta_i.$$

指示效率与很多因素有关，对其影响最大的是压缩比、提前点火角、混合气成分和转速。指示效率随压缩比的加大而上升，当达到一定高的压缩比时，其上升的强度便减小。当提前点火角最适当，且混合气成分 α ① 约相当于 1.1 时，指示效率最高。转速增加，指示效率则下降。

指示燃料消耗量 C_i 是指示效率的倒数，通常以每马力小时的克数表示。指示效率相同时，指示燃料消耗决定于燃料的热值，热值增加时，指示燃料消耗量便下降。点燃式发动机的指示效率在 0.25—0.35 之间，压燃式发动机在 0.38—0.48 之间时，指示燃料消耗量分别为 180—250 和 130—165 克/马力小时。

然而，并非发动机汽缸内发出的全部指示功率均能利用，还有部分功率要消耗于克服发动机内部的各种阻力，这部分功率称为摩擦功率 N_τ ，而有用或有效功率 N_e 则为指示功率与摩擦功率的差：

$$N_e = N_i - N_\tau.$$

有效功率的大小决定于机械效率 η_m 。根据发动机工作条件的不同，点燃式发动机的机械效率在 0.65—0.85 之间，压燃式发动机在 0.73—0.87 之间。通常功率系指发动机每 1 公升工作容积而言。发动机工作的经济性以有效效率 η_e 和发动机每小时 1 个有效马力的燃料单位消耗量 C_e (克/马力小时) 表示。

有效效率是变为有益功的热与消耗掉的热之比，它与发动机的负荷和发动机的转速有关。在额定负荷下 η_e 值最大；负荷

① α ——空气过量系数或工作混合气中实际空气量与理论需要量之比。

增加，特別是負荷減少時， η_e 便下降，當無負荷工作（空轉）時 η_e 降為零。轉數增加時 η_e 下降。

在額定狀態下，點燃式發動機的有效效率在 0.21—0.28 之間，壓燃式發動機在 0.29—0.38 之間。當 η_e 最大時，燃料單位有效消耗量最小，分別為 220—300 和 160—220 克/馬力小時。

大部分的點燃式發動機和某些類型的柴油機具有四沖程的工作循環，即曲軸迴轉兩次時，活塞完成四個行程（四個沖程）。這四個行程是由下述幾個互相變換和互相重疊的主要過程組成：
（1）充氣或進氣；（2）壓縮；（3）燃燒（膨脹）；（4）排氣。

在進氣沖程中，燃料蒸汽和空氣的混合氣（工作混合氣）經過汽化器式發動機的進氣閥進入發動機汽缸，而在柴油機和直接噴射式發動機內則只進入純空氣。在直接噴射式發動機內，除了以上情況外，在進氣沖程中還進行燃料的噴射。在下一個壓縮沖程中（全部氣閥關閉）同時進行兩種過程，即工作混合氣的壓縮（點燃式發動機），或在壓縮空氣時同時噴射燃料（柴油機）和燃燒開始。在第三沖程中——工作行程（全部氣閥關閉）——完成工作混合氣的燃燒過程和燃燒產物進行膨脹。在柴油機內燃料是在壓縮行程終了時噴入發動機的汽缸，由於壓縮空氣的溫度超過了燃料的自燃點，燃料蒸汽受熱而自燃。最後，在最末的排氣沖程中，燃燒產物經過氣閥而排入大氣中。氣閥的開、閉，通常並不是在活塞到達上死點或下死點時進行，而是稍有提前（氣閥開放）或延後（氣閥關閉）。

為了取得發動機的最大功率起見，依發動機的高速性和進氣系統構造特點的不同，排氣閥於下死點前 40—70° 之間提前開啓。同樣為了提高發動機的功率起見，使排氣閥的關閉隨發動機構造的特點不同而在上死點後 5—30° 之間。因為，高速發動機的進氣閥的開啓在上死點前 20—45°，這時在某一段時間內兩個氣閥同時開啓，即汽閥重疊。某些直接噴射式的發動機的重疊時間為 100°，這樣便可向汽缸吹入新鮮的空氣。由於新鮮空氣吹入的結果，汽缸的發熱強度便降低並能更完全地使燃燒產物排

出。現在我們再進一步詳細討論工作过程的各个阶段。

进气或充气 进气行程开始时，燃燒室內充滿着燃燒产物，即有着剩余压力和高温(平均为 $800-900^{\circ}\text{C}$)的残余廢气。汽缸表面，进气、排气閥頂，火花塞电极，活塞頂，汽缸壁和汽缸头都有很高的温度。

在进气过程中，工作混合气或分开的空气和燃料与残余廢气和熾热的汽缸內壁接触，便很快受热，它們的温度上升到 $30-60^{\circ}\text{C}$ 。此外，在汽化器式發动机中，工作混合气通常在进气管中即开始受热。因而，在进气終了时汽油發动机內工作混合气的温度可达到 $100-125^{\circ}\text{C}$ ，煤油發动机內可达到 $140-205^{\circ}\text{C}$ 。

由于在进气过程中有残余廢气剩余的压力，在进气过程中受热以及在进气系統中有液压阻力的結果，工作混合气并不能充滿發动机汽缸的全部理論容积。

实际进入發动机汽缸的工作混合气的体积或重量与理論容积或重量的比称为充气系数，該系数直接影响發动机的功率。發动机的功率随充气系数的上升而增大。充气系数与許多構造上的特点和使用特性的因素有关，并且首先决定于残余廢气的数量、汽缸內廢气的压力、加热温度、轉数和發动机負荷、工作混合气的成分和燃料系統的構造。

提高發动机充气的根本方法之一(增加重量充填)是使用增压器，增压器使空气在进入汽缸之前受到压缩，同时提高进气行程終了时的空气压力(增压)，也就是增大空气的数量，因而該法亦是提高發动机功率的根本方法。所有現代航空發动机都裝有增压器。

压缩 工作混合气或空气的压缩能保証燃燒后有更高的燃气压力，結果，在燃气膨胀时所取得的功增加，因而工作过程的經濟性提高。在进气終了时，工作混合气或空气的温度通常不超过 $100-130^{\circ}\text{C}$ ，而燃燒室內个别零件的温度則非常高。随着压缩程度的增加，工作混合气或空气的温度上升达 $400-600^{\circ}\text{C}$ (具有較高压缩比的柴油机的上限)。

航空發動機中壓縮終了時的壓力達 18—25 公斤/公分²，汽車發動機中為 10—12 公斤/公分²，柴油機中為 28—40 公斤/公分²（因有較高的壓縮比）。

燃燒 燃燒是循環中決定每種內燃機工作的主要指標（功率和經濟性）的主要過程。燃燒時，燃料的化學能變為熱能，而熱能則部分變為機械能。

燃料燃燒乃是強烈的氧化過程，這時所產生的熱一時來不及傳播開，因而出現火焰。燃燒過程並不是在瞬間發生的，而是要經過一定的時間間隔的，雖然這個間隔很短，以千分之幾秒計算。

為了取得發動機的最大功率和經濟性，必須使燃料燃燒尽可能地快、完全而及時，以便使燃燒過程尽可能地發生在靠近上死點。

燃燒用燃料-空氣混合氣的製備是在壓縮過程中進行的，而汽化器式發動機部分混合氣是在進氣管中形成的，燃燒過程本身只是在混合氣自行發火時或混合氣由高壓電火花引燃時開始。因為燃料燃燒要佔去 0.002—0.004 秒的時間，所以在點燃式發動機中為使混合氣的燃燒及時完成，便需要使它們稍微提前發火，這即稱為提前點火。通常，現代發動機的提前點火角為上死點前 25—35°。

汽車發動機的燃燒溫度為 2200—2500°C，航空發動機為 2400—2600°C，柴油機為 1400—1700°C；汽車發動機的燃燒壓力為 30—50 公斤/公分²，航空發動機的燃燒壓力為 80—85 公斤/公分²，而在柴油機中則為 60—100 公斤/公分²。

在高溫的作用下，燃燒產物的某些部分（二氧化碳和水）再分解生成一氧化碳、氫和氧。由於分解時要吸收熱，所以這時發動機發出的有效功下降。

分解的程度與工作混合氣成分有關，當 $\alpha = 1.0$ 時其值最大。

膨脹 在膨脹行程中熱能轉變成機械能。膨脹行程的特點是：混合氣的燃燒，主要在膨脹最初階段中生成的分解產物的化合，以及向汽缸壁的導熱。前兩種是放熱過程，阻止汽缸內溫度