

232892

发动机燃料綜合的 化学、工学及計算

上 册

苏联 M·Φ·納吉也夫著

44

石油工业出版社

发动机燃料綜合的 化学工學及計算

上 册

苏联 M. Ф. 納吉也夫著

中国化学会上海分会俄文組譯
化工會

石油工業出版社

內 容 提 要

本書上冊共兩篇。第一篇敘述現代各種發動機對燃料的要求，各種燃料的物理化學性質。第二篇敘述發動機燃料生產的化學過程，分章敘述了熱裂化、催化裂化等過程，並詳細地闡述了各種反應機理、運動學和熱力學的理論。

本書適合於從事石油煉制，石油研究人員閱讀，也可供高等石油院校師生參考。

М. Ф. НАГИЕВ

ХИМИЯ ТЕХНОЛОГИЯ И РАСЧЕТ

ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

根據蘇聯科學院出版社 (ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР)

1955 年莫斯科版翻譯

統一書號: 15037·610

發動機燃料綜合的化學、工學及計算

上 冊

中國化學會上海分會俄文組譯
化工會

石油工業出版社出版 (地址: 北京六鋪炕石油工業部內)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 083 號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

850×1168¹/₃₂ 開本 * 印張 8⁵/₁₆ * 293 千字 * 印 1—2,500 冊

1959 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

定價 (10) 1.30 元

目 录

序 言

第一篇 现代内燃发动机的燃料

引言	3
第一章 内燃活塞发动机的燃料	4
火花点火式发动机(四冲程发动机)的理想循环和真实循环	4
压燃式发动机的类型	6
压燃式发动机的理想循环和真实循环	7
压燃式发动机的优点	10
对火花点火式发动机燃料的要求	11
对柴油机燃料的要求	48
柴油机燃料的性能对燃料输送装置和过滤器的工作及对燃料-空气 混合气品质的影响	60
保证发动机经久可靠工作的燃料性质	62
现代柴油机燃料的主要类型和它们所有规定指标的特点	63
改进柴油机燃料品质的方法应用添加剂	66
第二章 喷气式飞机发动机的燃料	70
液体喷气式发动机(ДПД)	71
空气式喷气发动机(БПД)涡轮式喷气发动机(ТПД)	72
燃料的发热值	76
液体喷气式发动机的燃料和氧化剂	78
空气喷气式发动机和涡轮喷气式发动机的燃料	81
烟类燃料的性能	85
石油燃料和它在喷气式飞机发动机燃烧室中的使用	98
航空气体涡轮机用的特殊类型石油燃料的生产展望	102

第二篇 发动机燃料生产的化学过程

引言	105
----	-----

第三章 影响热裂化过程和裂化产物性能的因素	108
裂化温度和裂化时间	108
压力	109
原料性质的影响	110
裂化焦和残油的性质	112
在各种过程情况下所得裂化气和汽油的特性	113
第四章 热裂化反应的理論	115
烷烴热反应原理	115
烯屬烴的热轉化	123
环烷烴和芳香烴的热轉化	125
第五章 催化裂化化学的实验数据及其与热裂数据的	
簡明比較	127
各种烴类的催化裂化	127
各种烴催化裂化产物及其组成的規律性气态产物	135
各种烴类裂化率的比較	144
催化裂化过程基本規律性和总结	146
各种烴类催化裂化的研究結果在选择工业原料上的应用	147
第六章 有关烴类催化轉化机理的现代观念	150
烴类反应的离子机理	150
鐵离子的反应	152
催化裂化和鐵离子参与下进行的烴类其他催化反应的机理	153
多重性理論	160
活化总体理論	163
多相催化的基-鍵理論	164
第七章 石油煉制过程的热力学分析	166
反应的标准等压位变化的測定	166
石油煉制主要过程的热力学特征	171
烴类化学轉化的热力学計算	177
第八章 烴类反应的运动学和机理	192
均相反应	192

多相催化反应	193
表面濃度的測定	194
可逆的多相反应极限阶段的計算	197
反应速度及催化剂顆粒的大小	199
研究化学反应机理及运动学的实验方法	204
異丙苯催化裂化反应机理的确定	216
根据实验数据决定反应速度与溫度关系的方法	224
一級連續均相反应的运动学及其在热裂和裂解氫化作用上 計算汽油产率的应用	236
連續多相化学反应的运动学及其在催化裂化反应运动学分析 上的应用	240

序 言

欲对石油原油及其衍生物的现行化学炼制工艺过程有所改进或者創造新的工艺过程，必須深知进行过程的化学、热力学、动力学及其他理論根据。因此在一本書中根据其密切連貫的关連性来研究过程中化学，工艺学及計算問題有特別重要的意义。

本書就是为了这个意图編写的，共包括四篇，闡明下列問題：

1. 在現代內燃发动机中应用的各种燃料的特性；
2. 烴类热反应和催化反应的化学原理；
3. 石油化学炼制过程的工艺学；
4. 在发生的反应的动力学、热力学以及发生化学反应物体的气体运动学的基础上提出过程工艺的方法。

在所有这几篇中除了闡明这些問題的現代狀況外，还指出今后改进石油炼制产品質量和扩大其生产規模的途徑。

大家知道石油炼制的主要任务是制取发动机燃料和潤滑油。因此作者認為，为了深入地研究石油的炼制过程，应將以制取发动机燃料为目的的石油的化学炼制和生产潤滑油的化学工艺学分开来研究。

本書致力于发动机燃料合成过程的主要問題。

在編写这本書时，作者广泛地利用了国内外文献，以及自己在动力学，热力学，再循环过程的理論及其在化学与化学工艺学問題上，特别是在裂化、加氢及其他轉化碳氢化合物过程的应用等方面的著作。

作者目的在于編写一本对广大石油炼制的化学工作者及工艺工程师有用处而且合乎实际的書。在敘述某些有趣的問題时，那

些繁复的数学计算被略掉了，然而这样并不影响叙述材料的明了和完整。研究进行着的化学反应的机理，动力学，热力学及一般计算问题的章节是由化学工作者及工程师们在实际工作中所必需的材料组成的。本书中有许多例子阐明理论性的结论及在解决实际问题中的作用。

在参考文献单中罗列了作者采用的著作及作者认为在研究问题中最必要和有用的著作。

最后，作者对 С. Г. 彼德罗娃, P. A. 阿拉赫凡契也娃, T. H. 夏黑搭哈钦斯基及 И. B. 凡契哈依才等在编写本书时给予的帮助表示感谢。

第一篇 現代內燃发动机的燃料

引 言

热力发动机的型式是由膨脹气体之热能轉变为可用功的方法来决定。

活塞式、渦輪式及噴气式热力发动机的原理見图 1, 2 和 3, 它們是由燃料燃燒时放出的能来进行工作的。由空气与燃燒产物組成之混合气体的膨脹是运动的来源。

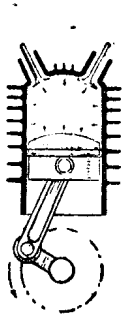


图 1 活塞式发动机的原理图

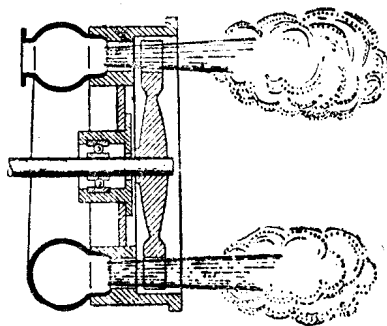


图 2 渦輪式发动机的原理图

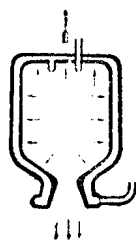


图 3 噴气式发动机的原理图

在活塞式发动机中膨脹气体作用在活塞上，它在汽缸中的运动帶动发动机的曲軸。

在活塞式发动机中最普遍的是具有电火花栓的发动机(有汽化器的)和压燃式发动机(狄塞尔式)。

在渦輪式发动机中是由气流对渦輪叶片的作用而使軸旋轉的。

在噴气式发动机中气体的压力傳向燃燒室的壁上及噴气口。

噴气裝置由于这个压力的作用而发生运动。噴气式发动机的特点在于室的运动是由于气体压力的作用而沒有中間機構，而在活塞式及渦輪式发动机中，气体的功傳向軸，它再轉动某个中間機構。这个中間機構仅在与外界介質作用时才能产生推进作用。

第一章 內燃活塞发动机的燃料

发动机借燃料燃燒过程所发出的能量来做机械功。

因此，对現有各种燃料的研究和新品种燃料的創制成为最重要的技術問題之一。

在談到各种燃料的性能对发动机工作效能有关的評价之前，先簡略地講一講內燃活塞发动机的作用原理。

点火式发动机(按奥图循环)和压燃式发动机(按狄塞尔循环)可以用四冲程，或二冲程完成工作过程。四冲程时曲軸轉兩周，二冲程时，曲軸轉一周。

火花点火式发动机(四衝程发动机)的理想 循环和真实循环

图4所示为在点火式发动机中所进行的过程的略图。具有一个工作腔的汽缸有兩個气閥——吸气閥和排气閥。前者位在燃料——空气混合气的供应通路中，后者在排气通路上。在过程中的第一冲程中，吸气閥开启，活塞由于外力作用的推动，从左面的死点移向右方。此时在汽化器中以恆定的低度真空下配成的可燃混合气充入汽缸。在 $P-V$ 座标的工作过程图(參閱图4)上，可燃混合气充入汽缸由等压曲綫 1 表示，因为可燃混合气是在恆压下吸入的。

第二冲程中，气阀关闭，活塞以相反方向移动，从右面的死点往左。燃料混合气在第二冲程中受到多方压缩，它的温度上升。压缩终了的压力要视机器的残余空隙的容积大小而定，通常在用汽油的汽车发动机中，压缩终了的压力大约是6个大气压。在图中註着2字的曲线，是第二冲程中可燃混合气的压缩曲线。

当活塞到达左面的死点时，可燃混合气借装在汽缸盖上的电火花栓点火。由于混合气瞬时燃烧，使汽缸中的压力上升到25—26个大气压。活塞受这个压力的作用而从左面的死点移向右方。在理想循环的情况下，燃烧过程表现了压力的等容上升，也就是说这个过程是在 v_2 不变的情况下进行的。

接着在第三冲程中发生了混合气的燃烧和生成物的膨胀（曲线3）。发动机的飞轮在第三冲程的过程中储蓄了能量，因此在其后的三个准备冲程（IV, I 及 II）就由飞轮的惯性而完成。

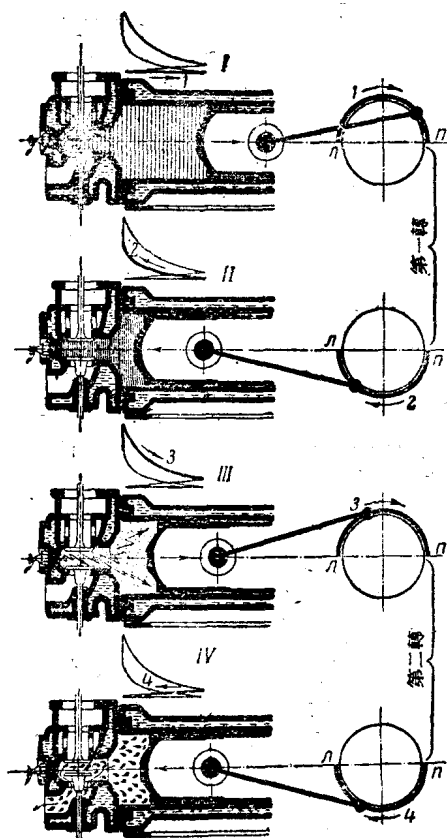


图4 火花点火式四冲程发动机的工作程序图(燃烧瞬时进行):

I 冲程——吸气; II 冲程——压缩; III 冲程——燃烧和膨胀; IV 冲程——排气。

够使燃料噴入燃燒室中的压力。所有的高速发动机都是无压缩机式的。

压燃式发动机的理想循环和真实循环

假定当活塞在汽缸頂端时发动机开始工作，讓我們看一下压燃式四冲程发动机的工作程序图。当活塞向下移动，即相当于曲軸的第一半轉时，在接近大气的恆压下，經過开放的吸气閥，將干淨空气吸入到汽缸中。这个发动机的第一冲程叫做吸气冲程(图 6,a) 假如在 $P-V$ 坐标上，用图形来描述理論循环，則吸气冲程相当于直綫 $0-1$ (图 7,a)。

在第二冲程中，活塞向上移动时，相当于曲軸的第二半轉(图 6,b)，兩閥都已关闭，已經进入的空气按照 $1-2$ 綫进行絕热压缩(图 7,a)。

压缩空气的压力一般达到 30—40 大气压，而温度为 500—600°C。

压缩終了时，液体燃料噴入汽缸中，并在汽缸中压缩空气的高温影响下而自行发火。因此在上述情况下，燃料与空气直接在发动机汽缸內混合，与用汽化器的发动机有所不同。燃料加到汽缸中要化費一点時間，同时燃燒也不是瞬即发生的，而是随着燃料进入汽缸的程度进行燃燒的。在理想循环中，燃燒是在恆压下发生的。在理論循环图上(图 7,a)，以直綫 $2-3$ 来表示燃燒。

在燃燒时，活塞已开始第三冲程而向下移动(图 6,c)，相当于曲軸的第三半轉。燃燒生成物的絕热膨胀如图 7,a 上的曲綫 $3-4$ 。这个活塞行程是做功的。

第四冲程中，与曲軸的第四半轉相当(图 6,d)，在排气閥开启之下，活塞向上移动，將燃燒生成物排入大气中去。在理論图上吸气綫与排气綫相合，因为两个过程都認為是在大气压力下进行的。实际上，吸气过程在 0.9 大气压下进行，而排气过程則在 1.1

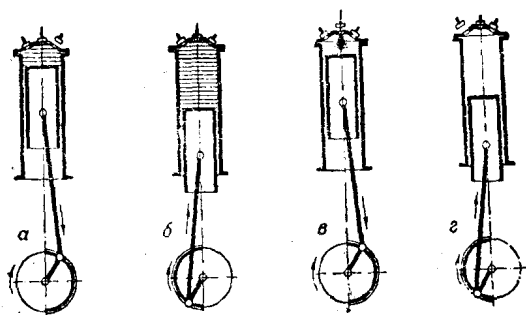


图6 压缩发火(逐渐燃烧)四冲程发动机的工作程序图

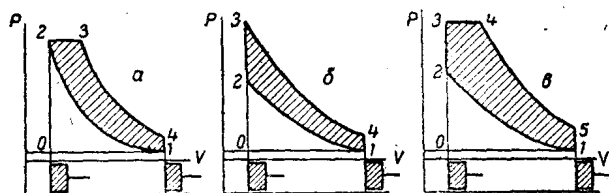


图7 内燃机的理想循环

a —恒压下燃烧的循环； $б$ —等容下燃烧的循环； $в$ —混合循环。

大气压进行。

恒压下燃烧是这种循环的特点。

点火燃烧的发动机中，在等容下发生燃烧，伴随着压力的陡然上升(图7, б)。

仅有低速压缩机式发动机按照接近恒压循环的循环来工作。

燃料进入压缩的热空气中，不立刻发火，而是经历一些时间之后才发火的，这叫做发火的滞燃期。假使在快速发动机中，忽略了发火的滞燃期，只在压缩冲程終了时才开始喷入燃料，则由于燃料的喷入和燃烧都要化费一点时间，会使燃烧的一部分热量，仅在膨胀冲程将近结束时才放出来。

因此热能的利用系数大为降低。根据上述理由，压燃式快速

发动机不按照恆压循环，而是以混合循环工作的。其理想过程图如图 7,6。

以混合循环工作时大部分燃料在压缩冲程结束前喷入汽缸中。经过由发火滞燃期所决定的一定时间后，一部分燃料就开始快速燃烧。此时燃烧在等容下进行，压力陡然升高（图 7,6 曲线 2—3）。继续进入的其余部分燃料则在容积已增大及恆压的情况下（图 7,6 3—4 曲线的线段）燃烧。

根据燃料开始喷入时间的迟些或早些，按混合循环的工作，就对应地接近恆压下燃烧循环或者是接近等容下燃烧循环的工作。

内燃机的真实循环与理想循环大有差别。压燃式快速发动机的示功图具有很明显的压力尖峰，与点火式发动机的图非常接近。

因此，压燃式的近代快速发动机与点火式的发动机最根本的区别，不是在工作循环的差别，而是在于压燃式发动机系用重质燃料，并由高度压缩所产生的高温作用来发火；而点火式发动机则用轻质燃料，由电火花使燃料与空气的混合物点火。

影响发动机效率的燃料参数是对燃料质量评价的基本标准：热效率（К. П. Д.） η_t 可由下式来确定

$$\eta_t = \frac{\text{进入的热量} - \text{放出的热量}}{\text{进入的热量}}$$

对等容燃烧循环工作的发动机，

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}},$$

式中 ε 为压缩比，而 $k = cp/cv$ 为绝热指数。

从上式可以看出，发动机的效率随压缩比增加而增长。因此采用使发动机可以在高压比下工作的那种燃料是较为有利的。

近代火花点火式发动机具有的压缩比为 5—8。

至于对压燃式发动机来说,理论上可以在任何压缩比下工作。然而一般压缩比不超过15—20。在这种情况下,压缩过程最终压力过高,必须增加发动机零件的坚固性,其外形尺寸也要增加,这样就决定了压缩比的最高限度。

压燃式发动机的热效率由于压缩比高,所以比点火式发动机的热效率高得多。

示功图的工作面积,由于燃烧的不完全,与燃烧过程的延续性,及由于汽缸的冷却等等,总是比理论图的面积小些。所以,燃烧热量实际利用的系数总是比理论的小些,而造成 $\eta_p = \eta_i \eta_t$,式中 η_i 为相对的效率,其值通常为0.5—0.75。

此外,机器中不可避免有机械损耗,因此要考虑引入机械效率 η_m 。于是,热量变成有效功的总系数 $\eta = \eta_m \times \eta_i \times \eta_t$ 。

假如认为压燃式与点火式发动机的相对效率值相同,由于压燃式发动机的 η_i 值比点火式发动机的高些,所以压燃式发动机的指示效率应比点火式发动机的高。由于压燃式发动机的指示效率的数值较高,它比点火式发动机的热量利用要好一些,单位燃料消耗也就省一些。

压燃式发动机的优点

压燃式发动机具有一系列胜过点火式发动机的优点,因此它们正在工业上、运输上(汽车、水运、铁路)和航空上获得日益广泛的推广。压燃式发动机的主要优点如下:

- 1) 这一类发动机比其它一切内燃发动机具有较高的效率;
- 2) 这一类发动机所需的重质燃料,显然比点火式发动机所需的燃料价廉得多和容易获致;
- 3) 压燃式发动机每一功率单位的燃料消耗,约比汽油发动机低25—30%;
- 4) 省却汽化器和电点火系统,使发动机的构造简化。

但是必須指出，压燃式发动机也具有某些缺点：

1) 压燃式发动机具有較大的單位重量(每 1 馬力輸出功率的发动机重量的公斤数，称为发动机的單位重量)；

2) 供应燃料的机件(油泵、噴油器、过滤器)比汽化器式发动机的复杂；

3) 由于压缩比高，压燃式发动机的起动机比汽化器式发动机的起动机较为困难；

4) 压燃式发动机比点火式发动机需要較多的过量空气。因此在压燃式发动机中汽缸容积不能完全利用。

可是，虽然在使用条件上具有若干缺点，压燃式发动机却比点火式发动机經濟得多。

对火花点火式发动机燃料的要求

内燃机的經濟性和可靠性，以及它們的磨損，在很大程度上是根据所用燃料的質量而定的。必須指出，立升功率大、压缩比高和轉数多的新式发动机是比較經濟的；可是，和压缩比較低的发动机比較时，它們对燃料品質的要求也比較高。

为了在种种使用条件下保証发动机的工作可靠、它的經濟性和零件的尽可能微小的磨損，燃料應該滿足許多特殊的技术要求，特别是，燃料應該在发动机的汽缸中正常地燃燒，不发生爆震噪音和过早自燃；这是对燃料提出的基本要求。此外，用于点火式发动机的燃料，應該具备足以保証工作的可靠性和持久性的性能，即：

1) 燃料在使用中，應該在发动机的混合系統亦即汽化系統中造成品質合乎要求的工作混合气。換句話說，燃料應該具有良好的汽化性能；

2) 燃料不应腐蝕发动机的零件；

3) 燃料的凝固点應該显著地低于发动机使用时外界大气的