

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

汽車發動機的工作過程和化油作用

И. М. ЛЕНИН 著

程 宏 譯



龍 門 聯 合 書 局

本書係根據蘇聯國營機械製造出版社(Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы)出版的李甯(И. М. Ленин)著“汽車發動機的工作過程和化油作用”(рабочие процессы и карбюрация в автомобильных двигателях) 1947 年版譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為汽車及公路學院教科書。

本書敘述了化油器發動機的基本理論,並且研討了發動機燃料供給和發動機試驗的問題。這是一本高等汽車工業學校學生的教本,也是在汽車方面的工程技術工作者的參考書。

汽車發動機的工作過程和化油作用

РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ И КАРБЮРАЦИЯ

В

АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

И. М. ЛЕНИН 著

程 宏 譯

★ 版權所有 ★

龍 門 聯 合 書 局

上海南京東路 61 號 101 室

中國圖書發行公司 總經售

華 文 印 刷 局 印 刷

上海濟寧路 143 弄 4 號

1953 年 8 月初版

1953 年 9 月再版 印數 2001—4000 冊

新定價 ¥ 29,000

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

ND16/15

著 者 序

這本書是根據蘇聯高等教育部批准的汽車學院和公路學院的教學大綱所編寫的系統化教程。

這本書包括三個基本部份：(1)汽車發動機的工作過程，(2)汽車發動機的化油作用和(3)汽車發動機的試驗。

在編寫這本書的時候，利用了關於這些問題的現有的材料，並且將著者在莫斯科汽車公路學院發動機試驗室所作實驗的結果也補充到這些材料裏面去了。

材料的編排、各部份的內容和講述的方法，都是根據著者在莫斯科高等汽車學校長期講授“汽車發動機的原理和化油作用”課程的經驗所決定的。

這本書是高等汽車技術學校學生的教本，但也值得在汽車用化油器發動機方面有所專長的工程技術工作者參考。

最後，著者對本書的評閱者 M. M. 馬斯林尼可夫教授和 B. Ю. 基基斯教授與校閱者 B. A. 彼特洛夫副教授和 C. П. 馬耳欽斯工程師，深致謝意，在準備原稿付印的時候，他們提出了許多很寶貴的意見。

著 者

目 錄

緒言	1
----	---

第一編 內燃機的理论循環

§ 1. 概述	4
§ 2. 循環的分類	4
§ 3. 理論鄂圖循環	7
§ 4. 理論笛色耳循環	21
§ 5. 理論薩巴台循環	28

第二編 汽車化油器發動機的实际工作循環

§ 6. 緒言	36
---------	----

第一章 吸氣過程

37

§ 7. 概述	37
§ 8. 吸氣過程開始時汽缸內的溫度	38
§ 9. 吸氣過程中汽缸內的溫度	41
§ 10. 吸氣壓力	45
§ 11. 發動機的充氣量	51
§ 12. 進氣機構構造要素	58
§ 13. 充氣係數	61
§ 14. 殘餘氣體係數	70

第二章 壓縮過程

73

§ 15. 壓縮過程的進行情況	73
§ 16. 壓縮終了時的壓力和溫度	75

第三章 汽車化油器發動機的燃料

76

§ 17. 作為發動機燃料的基本要求	76
--------------------	----

§ 18. 發動機燃料中的碳氫化合物的分類	76
§ 19. 由石油提煉而得的燃料的基本性質	83
§ 20. 汽車用汽油	85
§ 21. 粗揮發油和煤油	87
§ 22. 根據化學元素成份的燃料燃燒方程式	88
§ 23. 發動機燃料的發熱量	95
第四章 燃料在發動機內的燃燒	97
§ 24. 概述	97
§ 25. 發動機燃料的氧化過程	99
§ 26. 燃燒過程中的分解	101
§ 27. 不同成份可燃混合氣的燃燒	103
§ 28. 可燃混合氣的起火界限	110
§ 29. 節流時的燃燒過程	112
§ 30. 汽缸壁溫度不同時的燃燒過程	116
§ 31. 發動機工作速度不同時的燃燒過程	118
§ 32. 不同壓縮比時的燃燒過程	121
§ 33. 燃燒終了溫度和壓力的計算	123
第五章 爆震燃燒	128
§ 34. 概述	128
§ 35. 燃燒種類對爆震的影響	130
§ 36. 發動機構造因素對爆震的影響	134
§ 37. 發動機的使用因素對爆震的影響	136
第六章 膨脹過程和燃燒生成物的排除	139
§ 38. 膨脹過程	139
§ 39. 排氣過程	144
第七章 發動機的指示功率	148
§ 40. 指示功	148
§ 41. 平均指示壓力	149
§ 42. 發動機的指示功率	149
§ 43. 燃料消費量	150
§ 44. 指示功率的外特性	152
§ 45. 指示功率的部份特性	156

第八章	發動機的機械損失和有效功率	157
§ 46.	發動機的機械損失	157
§ 47.	發動機的有效功率	163
§ 48.	有效功率的外特性	164
§ 49.	有效功率的部份特性	167
§ 50.	汽車發動機的公升功率	168
§ 51.	汽車發動機有效功率的利用	172
§ 52.	有效功率的負荷特性	176
§ 53.	發動機構造因素對外特性的影響	180
§ 54.	使用因素對外特性的影響	185
§ 55.	用增壓器的發動機	188
§ 56.	發動機的調整特性	196
第九章	發動機的效率 and 熱平衡	200
§ 57.	效率	200
§ 58.	發動機的熱平衡	203
§ 59.	發動機效率沿外特性的變化	207
§ 60.	發動機節流時的效率變化	210
§ 61.	壓縮比不同時的效率	213
§ 62.	沿發動機調整特性的效率變化	213

第三編 化油作用

第一章	混合氣的形成	217
§ 63.	概述	217
§ 64.	發動機燃料的蒸發性	220
§ 65.	燃料蒸發時的熱現象	226
第二章	單噴口化油器的特性	234
§ 66.	燃料由量孔的流出	234
§ 67.	空氣沿化油器的流動	245
§ 68.	單噴口化油器的特性	252
第三章	最有利的化油器特性	255
§ 69.	發動機節流時的最有利的可燃混合氣成份	255

§ 70.	當喉管內真空度一定而發動機工作速度不同時的最有利的可燃混合氣成份	260
§ 71.	最有利的化油器特性	263
第四章	原則上的化油器方案	267
§ 72.	概述	267
§ 73.	使喉管內真空度降低的化油器(有額外空氣的化油器)	269
§ 74.	降低量孔處真空度的化油器(有燃料制動裝置的化油器)	271
§ 75.	有補償量孔的化油器(“裁尼斯”)	276
第五章	化油器的輔助裝置	280
§ 76.	概述	280
§ 77.	怠速油系	281
§ 78.	化油器的起動裝置	286
§ 79.	加速油泵	288
§ 80.	省油器	291
第六章	化油器的構造	298
§ 81.	構造的形式	298
§ 82.	K-14 化油器(M-1 汽車)	300
§ 83.	MK3-6 化油器(ЗНС-5 汽車)	305
§ 84.	MK3-10 化油器(ЗНС-5 汽車)	310
§ 85.	K-23 化油器	312
§ 86.	K-24 化油器(“莫斯科人”汽車)	316
§ 87.	K-49 化油器(ГАЗ-51 汽車)	318
§ 88.	MK3-Л-3 化油器(ЗНС-110 汽車)	322
§ 89.	63A-W-11-R 型“裁尼斯”化油器	328
§ 90.	28AV-11 型“裁尼斯”化油器	331
§ 91.	福特化油器	336
§ 92.	ETT-1 型卡特化油器	341
§ 93.	35-RZFAIPO 型薩來克斯化油器	344
§ 94.	拍拉斯化油器	350
第七章	測定裝置	354
§ 95.	概述	354
§ 96.	直接測量流出液體量的測定裝置	354

§ 97. 間接測量流出液體量的測定裝置 356

第四編 汽車發動機的試驗

第八章 汽車發動機的試驗 360

§ 98. 試驗的性質 360

§ 99. 發動機的按裝 360

§ 100. 發動機與制動裝置的連接 361

§ 101. 發動機有效功率的測定 362

§ 102. 發動機轉速的測定 377

§ 103. 燃料消費量的測定 380

§ 104. 試驗發動機的冷卻 383

§ 105. 進入發動機的空氣量的測定 387

§ 106. 發動機示功圖的測繪 394

§ 107. 溫度的測定 398

§ 108. 工作混合氣點火時期的測定 402

附錄 汽車化油器發動機的熱力計算例 404

譯名對照表 424

緒 言

廣泛應用汽車作為大規模運輸工具是開始於二十世紀的前幾十年。

機械運輸的發展比較晚，這是因為缺乏應用輕便而經濟的發動機。

在早期蒸汽機的構造非常笨重，滿足不了對運輸動力機所提出的基本要求。雖然如此，但在十九世紀開始的時候，曾經有人想把蒸汽機利用到機械運輸方面去。

第一個內燃機是 1799 年約翰·巴倍耳所發明的，可是因為有很多缺點，沒有能推廣。

第一個內燃機的工作循環與現代所用內燃機的循環有重大的區別。吸氣過程(圖 1)約佔活塞衝程的三分之一，然後轉為燃燒過程和膨脹過程，最後是排氣過程(它佔活

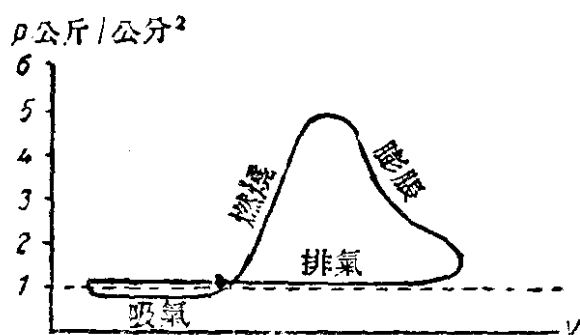


圖 1. 沒有壓縮的發動機的示功圖

塞的全部回行衝程)。因為沒有電點火和汽缸的冷卻(這兩種方法是來本 Лебон 在 1803 年和勃容 Броун 在 1815 年才提出的)，所以這種發動機工作不可靠，而且因為沒有壓縮——也不經濟。於是，那時內燃機的工作可靠性和經濟性都不如蒸汽機，因而沒有得到推廣。

勒諾爾應用了以前為人們所知的一切改良方法，他在 1860 年所提出的內燃機，經濟指標要好得很多。

在發動機製造上，開林*的工業家鄂圖貢獻了最卓越的成就。

* 譯者註：是德國的一個都市名。

鄂圖所製發動機的指標超過了所有早期的發動機，比蒸汽機經濟得多，而在工業上得到推廣，做為工廠的原動力裝置。

由於鄂圖的貢獻，發動機的製造有了穩固的基礎，得到了不僅有實際意義而且有理論意義的一系列的基本原理，這些原理在現在仍然應用着。鄂圖所提出來的循環是比較完善的，因此這種循環並沒有什麼改變而仍適合於現代的發動機。

按鄂圖循環工作的汽油發動機，最初在 1885 年被工程師達姆列耳裝於摩托車，過了兩年這位工程師造了第一輛汽油汽車。與達姆列耳同時，工程師本滋也研究這個問題，製造了特為汽車用的發動機。

這些是起初用手工業製造而後來又大量生產的汽車的起源，汽車現在已是每一個國家國民經濟生活中不可缺少的部份。

在偉大的十月社會主義革命以前，俄國實際上沒有自己的汽車生產。在 1914—1918 年的戰爭以前，里加的俄羅斯-波羅地工廠製造了將近 300 輛客車，這是第一種試驗型式。由於 1915 年將工廠撤退，就停止了生產。

蘇聯的汽車生產開始於 1924 年，是 AMO 工廠（現在是 ЗИЛ）出產的一噸半貨車 AMC-Φ-15。

蘇聯汽車的大量生產開始於 1931 年，因而發動機的大量生產也自這一年開始，那時完成了莫斯科工廠的基本改組，並建立了高爾基汽車工廠（ГАЗ）。同時也發展了雅羅斯拉夫里汽車工廠（ЯАЗ）的貨車生產，這個工廠自己不製造發動機。

在莫斯科斯大林汽車工廠（ЗИЛ）出產了貨車 AMO-3，後來又出產了 ЗИЛ-5，載重量是 2.5 和 3.0 噸。在 1937 年該工廠（ЯАЗ）開始生產舒適的高級客車（ЗИЛ-101）。

在高爾基城莫洛托夫汽車工廠是生產一噸半貨車 ГАЗ-AA 以及客

車 ГАЗ-A 和後來的 ГАЗ-M-1。所有這些汽車都是用本國製造的發動機。

雅羅斯拉夫里汽車工廠向來是專製造各種型式車箱的重貨車。

在偉大的衛國戰爭以前，莫斯科的 КИМ 工廠出產小型的汽車。

在偉大的衛國戰爭時期中，設計了已有的各類汽車的新型式。結果產生了新型的：ЗИС-110, ЗИС-150, ЗИС-253, ЯАЗ-200, ГАЗ-51, “勝利”和“莫斯科人”。這些汽車都是完善的現代化型式。在設計這些汽車時，應用了汽車技術和生產製造上的最新的成就。

在蘇聯恢復和發展國民經濟的五年計劃的法令中，規定了蘇聯國家的進一步的汽車化。這個法令規定：

“在汽車運輸和公路經濟方面——在五年之中，增加全國汽車總數到戰前的兩倍。在汽車運輸上，要廣泛採用柴油機、壓縮比提高的汽油機、用本地出產燃料的煤氣罐汽車及發生爐煤氣車和自動卸貨的汽車”（蘇聯 1946—1950 年恢復並發展國民經濟五年計劃的法令）。

所以在汽車工業技術工作者的面前，擺着巨大的、複雜的和光榮的任務。

第一編 內燃機的理论循環

§ 1. 概 述

在內燃機中，燃料內潛藏的化學熱能被轉變為有效的機械功。

根據熱力學第二定律，即使在理論熱機中，也不可能將全部（百分之百的）熱能轉變為機械功，因為不可避免地有一部份所放出的熱能要傳給冷源。在實際發動機中，因為有附加的損失，當然轉變為有效功的熱量百分數比理論上還要更小。

製造發動機的根本問題是要生產這樣的發動機，它把可能最多的熱量轉變為機械有效功，而同時必須能長久耐用。就運輸用發動機而言，除了需要經濟和耐用以外，並且需要佔的地方和重量都小，汽車發動機就是這樣。

上述的問題，在科學研究院、高等技術學校和汽車工廠的共同工作下，可以得到解決。

仔細研究汽車發動機中能的轉變的物理和化學現象，就可以知道怎樣才可以使每個過程進行得最有利，因而使我們可以創造比現在有更高指標的型式。

在應用發動機時，要使用得正確合理，也必須知道發動機中熱力過程的所有特徵。

§ 2. 循環的分類

在任何熱機中，能的轉變是由於對工作物質連續加熱和冷卻而完成的，所以工作物質本身的熱力狀態不斷地變化。

工作物質在熱機中週期循環地產生一系列連續的狀態變化，因而將一定的熱量轉變為有效功，這一系列連續的狀態變化稱為循環。於是，任何熱機的工作都是由許多順次連續的循環所構成的。

提出最早而效率最高的是加諾在 1824 年所提出的循環。

在很久以後，內燃機用的鄂圖循環、笛色耳循環和薩巴台循環才被提出。

無論各種循環的個別特點如何，所有的循環都可以根據不同的條件來研究。在內燃機的理論中，適當地採取了兩種不同的條件來研究循環，按照這兩種條件，要應用下列的觀念：（甲）理論循環和（乙）實際循環。

理論循環是一個封閉的循環，是在不換工作物的理想熱機中進行的。因為循環是封閉的，實際循環的燃燒過程和排氣過程是用加進熱量和傳走熱量來代替。壓縮過程和膨脹過程假設都是絕熱的過程，因為這樣使熱的利用效率最高。研究理論循環的時候，可以假設工作物的比熱是一定的，也可以假設是變化的。用變化的比熱時，計算比較複雜，可是使循環與實際情況比較接近。

理論循環是根據與其相當的實際循環的特徵而建立的。理論循環的基本意義就在於：決定按這種循環工作的實際發動機的最大可能經濟性和功率。這種循環是在理想熱機內進行，特徵是只有符合熱力學第二定律的最少量的熱損失。於是，理論循環確定出最大可能的熱量利用效率和平均壓力，如果實際發動機的各個過程都是以理想情況進行，就會有這樣的熱量利用效率和平均壓力。

實際工作循環是在實際內燃機中進行的開口的循環。實際工作循環的研究，包括解決燃料的化學熱能在發動機內轉變為機械功的所有的複雜問題。

研究實際工作循環是由內燃機的試驗資料着手,作這種試驗時,必須有特殊的設備。

循環的比較 前面已經指出:直到現在為止,與已有內燃機的實際情況接近的循環,提出有:

(1) 鄂圖循環,是壓縮預先滿妥的工作混合氣,燃燒是在一定容積下進行;

(2) 笛色耳循環,是壓縮空氣,而在上死點時噴射燃料,燃燒是在一定的壓力下進行;

(3) 薩巴台循環或混合循環,是吸入並壓縮空氣,在近於上死點的時候噴射燃料,燃料的燃燒是一部份在一定容積下進行,其他部份在一定壓力下進行。

實際上這些循環的每一個都使發動機的構造有特殊的地方,所以在實際情況下來比較循環是困難的。

在由於興趣或是由於必要來比較循環的時候,通常不是比較實際發動機,而是比較理論發動機,或者說不是比較實際循環,而是比較理論循環。理論發動機工作時,沒有摩擦力,而且只有符合於熱力學第二定律的最少量的損失。研究理論循環可以:

1. 確定極限的熱量利用效率,如果實際發動機的每個過程都是以理想情況進行,就可以達到這樣的效率。要判斷實際內燃機的經濟性,必需要知道這個效率值。

2. 比較各種不同的循環,找出最有利的循環,並且決定影響發動機經濟性和功率的因素。

實際上,只有在理想的理論條件下,才可以不管發動機的構造型式,而抽象地決定循環的最高指標和每個過程進行的最有利情況。

§ 3. 理論鄂圖循環

前面已經指出：將工作混合氣壓縮，當活塞到上死點時，由外力點火而燃燒的發動機，就是等容燃燒的發動機，最初是鄂圖在 1862 年和比他稍早的薄結羅夏所提出的。

在 15 年之間，鄂圖製造了許多按他所提出的循環（後來就用他的名字稱呼這個循環）而工作的發動機，這些發動機有相當高的經濟指標。

圖 2 所示是按鄂圖循環工作的汽車發動機的工作機構簡圖，圖 3 *a* 和 *b* 是實際鄂圖循環的示功圖和理論鄂圖循環的示功圖。

當活塞下降的時候，進氣門打開，燃料蒸氣和空氣組成的可燃混合氣，以稍低於大氣壓力的壓力進入汽缸（圖 3 中示功圖的吸氣曲線 *ra*）。活塞到下死點時，進氣門關閉，當活塞上行時，就進行工作混合氣的壓

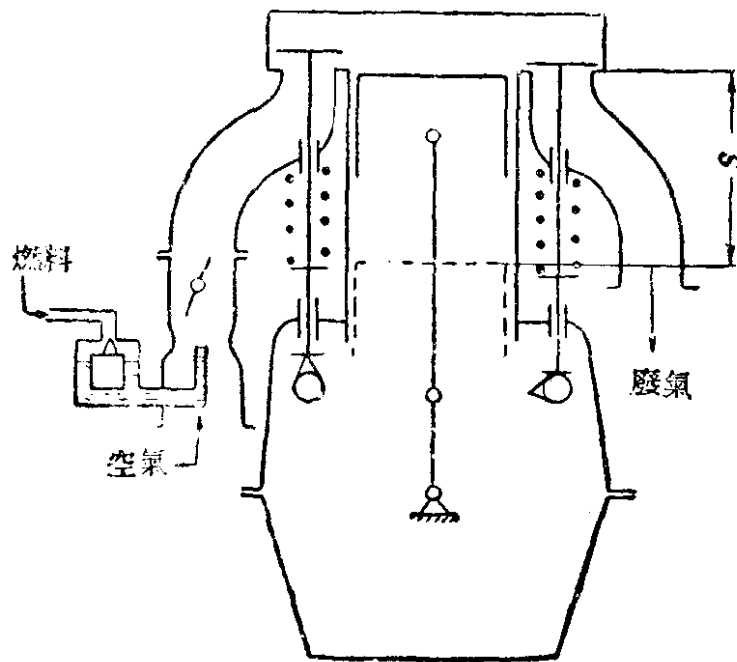


圖 2. 汽車化油器發動機的工作機構簡圖

縮過程。在實際發動機中，因為有熱量傳給汽缸壁，所以壓縮過程是多相壓縮（示功圖的曲線 *ac*）。在壓縮過程末了，活塞到上死點以前（圖 3

中的 c 點), 火花塞處發生電火花, 因而開始燃燒過程, 這個過程在活塞過上死點以後(同圖的 z 點)才終止。在實際發動機中的膨脹過程(曲線 ze)是多相過程, 在這個過程中, 由前面燃燒過程所得的內能大體上轉變為功。發動機的排氣過程開始較早(在圖 3 的 e 點), 就是在活塞到下死點以前開始, 這是衆所週知的, 排氣過程的終止是在靠近上死點處(圖中的 r 點)。由於進行這個循環的結果, 燃料的熱量有一部份轉變為機械有效功。

理論鄂圖循環的進行情形當然是和實際鄂圖循環不同。

當活塞在最低位置時(見圖 3 中理論循環示功圖的 a 點), 在理論發動機汽缸中的氣體開始被壓縮。為了使熱損失減到符合於熱力學第二定律的最少程度, 需要假設汽缸壁是不傳熱的, 就是假設汽缸壁包有

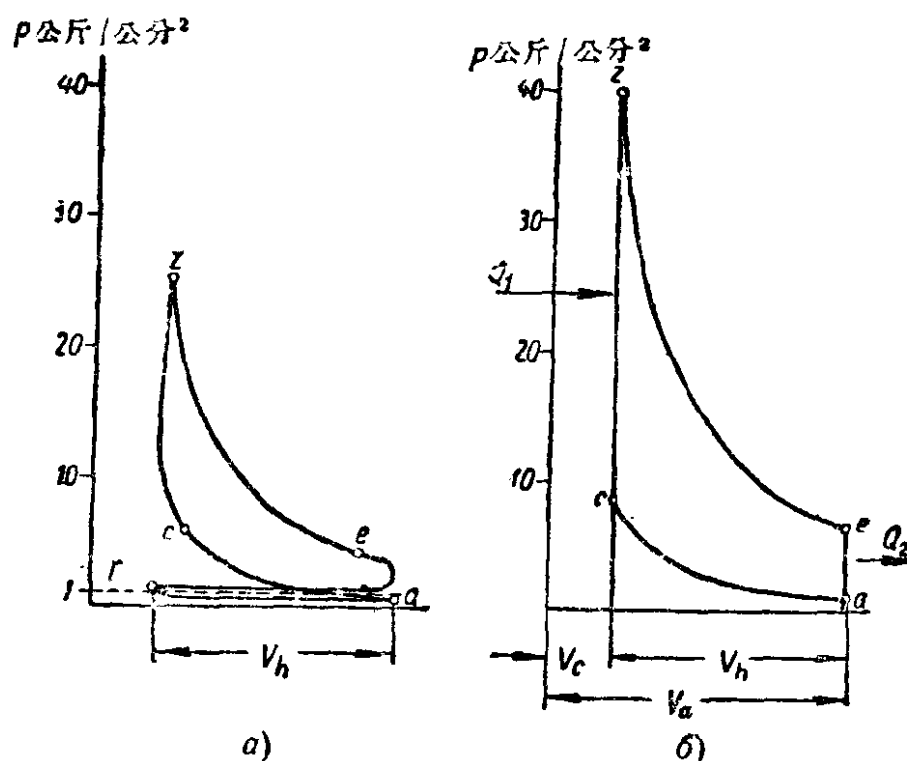


圖 3. 實際鄂圖循環和理論鄂圖循環的示功圖

理想的絕熱材料。這樣, 壓縮過程(示功圖的曲線 ac)就是絕熱的過程, 在過程進行時, 消費於壓縮的外部機械功, 就完全是用來增加被壓縮氣

體的內能。

在壓縮終了而活塞到上死點時，不進行相當於實際循環的燃燒過程，而進行瞬時的加熱 Q_1 。結果在汽缸頂部的氣體的溫度和壓力作等容的（就是當 $V = \text{常數}$ ）升高〔見等容線 cz （圖 3）〕。

當活塞開始向下運動時（圖中 z 點），加熱終止。氣體開始作絕熱膨脹，而將內能轉變成外部的機械功。膨脹過程示如絕熱曲線 ze ，活塞到下死點時（圖中 e 點），膨脹過程終止。

爲了重複進行循環，必須使氣體恢復到示功圖中 a 點的起始狀態。因此必須將汽缸內的氣體冷卻，將所加熱量的一部份傳給冷源。

於是，即使是進行理論循環，也有所加熱量的一部份傳給冷源，因此將全部熱量 100% 地轉變爲功是不可能的。

工作循環近於鄂圖循環的發動機，有汽車用、航空用、拖拉機用和摩托車用的化油器發動機，以及發生爐煤氣機和煤氣罐發動機。

按照這種循環工作的還有直接噴射燃料的發動機：

（甲）將輕燃料噴在進氣管內，或在吸氣過程中噴進汽缸內的發動機；

（乙）將重燃料在壓縮終了時噴入汽缸，而用火花點火的發動機（黑色曼發動機）；

（丙）用不予冷卻的熱球使重燃料點火的低壓縮比的固定發動機（低壓縮比石油發動機）。

表徵鄂圖循環進行情況的因素是：

1. 發動機的壓縮比，是汽缸全容積 V_a 與燃燒室容積 V_c 的比值：

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}.$$

2. 壓力升高比，是燃燒過程的終了壓力 p_e 與開始壓力 p_c 的比值：