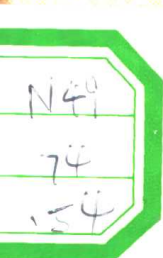


物理基本知識 熱機和它的原理

王 補 宣

中華全國科學技術普及協會出版



中国哲学史大纲

卷一 绪论

一、导言

二、中国哲学史之研究

三、中国哲学史之范围

四、中国哲学史之分期

五、中国哲学史之方法

六、中国哲学史之意义

中国哲学史大纲 卷一 绪论

物理基本知識 熱机和它的原理

王補宣

中華全國科學技術普及協會出版
1955年·北京

科 普 小 册 子

原子能通俗講話

原子能通俗講座組織委員會著	1角6分
原子能及其應用 И.А.納烏明柯著	2角
原子能 趙忠堯著	9分
原子和原子能 А.布亞諾夫著	1角4分
物質的放射性 К.Б.扎波連科著	2角3分
催化作用和化學工業 Л.А.尼科拉耶夫著	1角6分
超聲波及其應用 Л.Д.羅森別爾格著	1角6分
煤的地下氣化 И.П.法爾別羅夫 Р.Н.比卿著	1角1分
土工物理學 (用於水利工程的物理學) Г.И.波克洛夫斯基著	1角6分
太陽能的利用 В.В.別圖霍夫著	1角5分
物體運動及其規律 張壽恭著	8分
從古典物理學到量子力學 朱洪元著	1角3分
功與能 賴中生著	9分
熱和物態的變化 趙亮堅著	1角1分
電磁感應 葛佩琦著	7分

出版編號: 214

熱機和它的原理

著 者: 王 補 宣

責任編輯: 莫 奎

出 版 者: 中華全國科學技術普及協會

(北京市文津街3號)

北京市書刊出版業營業登記證出字第053號

發 行 者: 新 華 書 店

印 刷 者: 北 京 市 印 刷 一 廠

(北京市西便門大街乙1號)

開本: 31×43 印張: 1 書 字數: 21,600

1955年12月第1版 印數: 5,500

1955年12月第1次印刷 定價: 1角3分

本書提要

熱機就是熱力發動機。這類機器能够利用熱量來為人們工作。

汽車、拖拉機、坦克、飛機、輪船、火車上的發動機，都是各種不同形式的熱機。

在工廠、礦山以及基本建設的工地上，我們廣泛地應用着各種各樣的熱機。所以掌握這些機器的工作原理，並且合理地使用它，對於積極參加經濟建設和國防建設的人們都是非常重要的。

熱機的燃料，有用煤、炭、木柴等固體燃料；有用天然和人工煤氣的气体燃料；也有用石油、酒精等的液體燃料。但是這些燃料在各種熱機中怎樣起作用呢？這些機器根據什麼原理構造成功的呢？在這本小冊子中有簡要的介紹。

這本小冊子進一步分析了各種類型的熱機的特點，它告訴我們，在那一種場合，應該用那一種熱機，告訴我們，任何一種熱機，在今天都是有用的。

這本小冊子是物理基本知識講座的講演稿，經整理出版，適合一般具有初中以上文化水平的幹部閱讀。

目次

前 言	1
什麼是熱機	2
熱機為什麼能够工作	3
熱機的分類和每類熱機的工作原理	5
1 蒸汽機	
2 內燃機	
3 汽輪機	
4 燃氣輪機	
5 噴氣發動機和火箭	
各類熱機相互之間的比較和每一類熱機的应用場合	25
1 熱機的功率	
2 熱機的燃料消耗率和熱效率	
3 熱機的应用場合	
火力發電廠「熱化」的概念	30
人類利用自然能的展望	33

前 言

在今天，我們正处在一个使用机器的世界裏。机器能够讓我們坐在電車、汽車、火車、輪船、或者飛機裏，从一个地方旅行到另外一个地方；机器可以為我們加工生產各种物品；可以為我們製造出各种机器；也可以幫助我們大量開發自然資源、兴修水利和戰勝自然災害。十分明顯，如果不用机器來施工，武漢大桥和治理黄河的工程等，就成为难以實現的夢想！机器是怎样開動的呢？經驗告訴我們，是要用各种各样的發動机的。这些發動机所以能動，也可能是利用風力或水力。不过，風力和水力畢竟要受季節和地區的限制，所以用得更普遍的是熱力發動机和电力發動机。

电力發動机通常叫做馬達，是靠電來轉動的發動机，在現代很多工業的部門裏都有相当廣泛的应用。其实，除了工業上的应用以外，在日常生活中，無論是电灯、電車、電話、电影、电爐，以及無線电收音机等等，那一种少得了电？电是發電廠供給的，發電廠有火力發電廠和水力發電廠兩種。火力發

電廠又叫熱力發電廠。就今天情況來說，無論在發電量上，或者在發電廠的數目方面，都是火力發電廠佔優勢。就是在大量利用水力發電後，也還需要火力發電的支援。而在火力發電廠裏，它總要利用熱力發動機來拖帶發電機，然後才能發生出電來的。

從上面可以看到，熱力發動機不僅可以直接用它拖動機器工作，也可以讓它帶動發動機發電。因此，我們生活在今天，在這樣的一種物質世界裏，就常常會看到、聽到或者聯想到熱力發動機。這種發動機，習慣上簡單叫它做「熱機」。

什麼是熱機

在「功與能」那本小冊子中，已經告訴我們：物質所具有的能量是不減的。能量祇能從一種形式轉換為另一種形式，能的總量絕不會增加或減少。這是最基本的一種自然規律，是偉大的俄羅斯物理學和化學創始者羅蒙諾索夫院士在1744年所首先揭發、而由無數實踐所確定了的。在物理學中叫做「能的轉換和能量守恆定律」。

根據熱現象的觀察和研究，發現各種形式的能都能夠轉換為熱，反過來熱也可以轉換為各種形式的能。同時，可用實驗證明：熱和機械功互相轉換時，數量上有着一定的關係，即一「大卡」的熱量（也就是把一公斤純水的溫度升高攝氏一度所需要的熱量）相當於把427公斤重的東西舉高一公尺的功，因此得出結論：「熱是能的一種形式」。

現在我們可以根据上面的觀點，給熱機下一個科學的定義：凡是能夠使熱能轉換為機械能，即利用熱發出力量來代替

人力作工的机器，都叫做熱力發動机。这样，作为汽車、拖拉机、坦克和飛機發動机的「汽油机」和「柴油机」，作为火車和輪船發動机的蒸汽机，以及火力發電廠裏所应用的汽輪机或叫蒸汽透平机，都是各种不同形式的熱机。这些熱机还可以在工廠礦山以及基本建設工地上廣泛地看到它。由此，可見熱机對於祖國正在進行的大規模經濟建設和國防建設是多麼重要！

熱机為什麼能夠工作

物質的能量是不滅的，我們不能憑空希望熱机替我們製造能量，熱机的作用祇是使能的形式轉換，而能量又不能脫離物質存在，所以，熱机的運轉不能不有作功的媒介物。在技術詞彙裏，把這種作功的媒介物叫做熱机的「工質」。所謂工質就是工作物質的意思。例如，蒸汽机和汽輪机都要利用蒸汽來工作，因此，蒸汽就是蒸汽机和汽輪机的工質；如果截斷蒸汽的供應，蒸汽机和汽輪机就自然要停頓下來。汽油机和柴油机是利用烟氣來工作的，所以汽車發動以後，排氣管裏總不斷排出白烟。

工質的情況在熱机中不斷被改變，例如我們就利用工質體積的膨脹來推動機件做功，正因為蒸汽和烟氣都是最容易膨脹的氣態物質，所以熱机的工質也多半是蒸汽和烟氣。

既然熱机的運轉是利用蒸汽或烟氣的熱能、通過體積膨脹而推動機件對外做功，那末，要想熱机連續發出機械功，就必須週期地讓熱机輪換工質、補充具有作功能力的新工質。為了使工質得到熱能、而能具備作功的能力，就要靠燃料的燃燒來加熱。

熱机的燃料可以是固體燃料（如煤、炭、木柴等），也可

以是气体燃料（如各种煤气）和液体燃料（如石油、酒精等）。气体燃料燒起來最快，不过儲存和運輸都比較困難，所以一般不像固体燃料和液体燃料用得普遍。

固体燃料價錢最便宜，不过燃燒後有灰，燃燒也比較慢。液体燃料大半从石油中提煉出來，其中，比重最輕、價值最貴的是汽油。汽油容易揮發，遇火就会起火成災，所以儲存和運輸都須格外留意。

總的說來，熱机工作需要工質和燃料。熱机所以能工作是因为燃料燃燒發出熱量，工質得到熱量後，在熱机中膨脹而推動机件作功。为了更好地体会這一點，讓我們从圖 1 看一下蒸汽机動力設備的工作情况。

燃料在鍋爐的爐膛裏燃燒，使汽鍋裏的水受熱汽化，所得到的蒸汽又从汽水筒流入爐內汽管（蒸汽过熱器），繼續受熱而成为温度更高的蒸汽；这种具有比較高的压力和温度的蒸汽

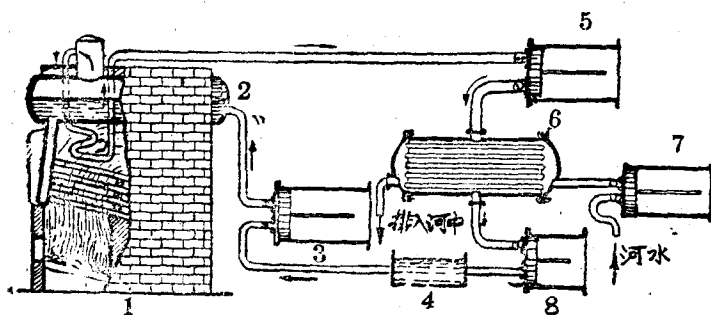


圖 1 蒸汽的動力設備：

- 1. 鍋 爐；2. 汽水筒；3. 給 水 泵；4. 給水槽；
- 5. 蒸汽机；6. 凝汽器；7. 冷却水泵；8. 復水泵。

在蒸汽机的汽缸裏膨脹，將推動活塞，使蒸汽机動作起來（詳見下節關於蒸汽机的講解）。如果讓蒸汽机帶動發電機，就可以發出電來。已經工作過的蒸汽，它的壓力和溫度都比較低，因此，要想使蒸汽机繼續工作，必須把這種工作過的蒸汽排出汽缸，另外吸入新的具有工作能力的蒸汽。

在圖1所表示的蒸汽動力設備中，蒸汽机是能够作功的熱機，它的工質由鍋爐來製備，而鍋爐所以能够使水化為高溫度的蒸汽，是因為燃料燃燒後發出大量的熱。鍋爐製備蒸汽的原料是水，所以，應該經常供給鍋爐一定數量的水，技術上把這種送入鍋爐的水叫做鍋爐的「給水」。我們當然可以直接用「給水泵」把河水押送到鍋爐裏去。不過，河水往往很不乾淨，容易在鍋爐裏結垢，把河水弄乾淨，是很花錢的，所以就想要把蒸汽机所排出來的蒸汽凝結成水，然後用它作為鍋爐給水。圖1中所畫出的除了鍋爐、蒸汽机和給水泵以外的其他設備，就在於利用蒸汽机排出來的蒸汽，能够重新用把它作鍋爐的給水。應該指出，使用「凝汽器」不但可以把廢蒸汽恢復為水，更主要地還可以使蒸汽机排汽的壓力不受外邊空氣壓力的限制，讓蒸汽在蒸汽机裏能够膨脹到更低的壓力，因而作出更多的功來。在圖1中如果用汽輪机代替蒸汽机，並且把汽輪机和發電机聯結起來，就成為常見的火力發電廠熱力部份的示意圖。

熱机的分類和每類熱机的工作原理

熱机的種類很多，大致可有蒸汽机、汽輪机、汽油机、柴油機、煤氣机、燃氣輪机即燃氣透平机、以及熱空氣机等幾種。其中，汽油机、柴油机和煤氣机，習慣上都叫做內燃机；熱空氣

机在目前用得並不普遍，而且在原理上也和蒸汽机大致相同，祇不过用空气作为工質罢了。这样一來，熱机的分類基本上可有蒸汽机、汽輪机、內燃机和燃气輪机四大類。前兩類用蒸汽作为工質，後兩類用烟氣作为工質。用烟氣做工質時，燃料直接在工質內部、亦即直接在熱机內部燃燒。用蒸汽做工質時，燃料必須在工質外面、亦即在熱机外面燃燒，所發出的熱量間接傳入工質；說得更具体些，燃料在鍋爐的爐膛裏燃燒，所發出的熱量，祇有一部份傳入汽鍋使水汽化，另一部份將跟隨烟氣从烟囪裏跑掉。所以，用烟氣作为工質的熱机可以籠統地叫做內燃式熱机，而用蒸汽作为工質的熱机可以叫做外燃式熱机。

从發展歷史的先後來看，蒸汽机是最早成功的一种熱机。其次是內燃机和汽輪机。燃气輪机还祇是在第二次世界大战的末期才有很大的發展。下面就讓我們按照这种發展的順序分別討論每一類熱机的工作原理。

1. 蒸 汽 机

在十七世紀末葉以前，人類利用自然界能量的主要方式是採用風車和原始的水輪。这种發動机不僅容量（發出的能量）小，而且要受季節和地區的限制，祇有在生產力比較低的情況下，才能滿足生產的需要。到了十七世紀末葉和十八世紀初，人們發明了各种机器，例如紡紗机、織布机、鋸木机等等，已經把生產轉到比較高的技術基礎上，迫切地要求創造更有力的新的發動机。同時，由於工業的逐漸發展，也有可能製造出新的机器。在这种形势下，傑出的俄罗斯机械工程師波尔松諾夫（1728年出生，1766年逝世）接受了罗蒙諾索夫院士所指出的

熱可轉換為功的學說，終於在1766年第一次製造出能够应用在工業上的蒸汽机。可是在當時沙皇統治下的俄國，波爾松諾夫的這種特殊的創造，並沒有得到應有的重視。就在波爾松諾夫死後不久，因為鍋爐漏水，把世界上第一個工業用的蒸汽机拆毀了。1784年，英國的瓦特重新製造了蒸汽机。把它逐步發展到現代蒸汽机的規模。

蒸汽机的成功，首先在英國引起工業革命，促成了資本主義世界的發展，使工業的方式從分散的个体生產轉變到集中的大規模生產，因而使人類社會的面貌起了根本的改變。在另一方面，蒸汽机的成功，証明了熱是能的一種形式，証明了熱和能互相轉換的能量守恆定律，因而積極地推動科學家更精密地研究熱現象，使熱學作為物理學的一個分支迅速地發展起來；理論的日臻完善又反過來起着指導實踐的作用，使內燃机、汽輪机、以及燃气輪机相繼地出現。

蒸汽机的工作原理比較簡單。圖2表示蒸汽机构造的典型例子。為了弄清楚蒸汽机的工作原理起見，另在圖3画出簡化後的蒸汽机的示意圖（參看圖2）。如果用人力控制或由「調速器」10自動控制總汽門的開關，就會增多或減少供應蒸汽机的新蒸汽的數量，直接影響蒸汽机所發出功量的大小；如果完全用人力關死總汽門，將迫使蒸汽机停車。

在打開總汽門以後，從鍋爐送來的新蒸汽就不斷地流入汽缸上方的汽櫃8，由於自動改換蒸汽通路的汽閥9左右滑動的結果，新蒸汽可以從汽櫃輪流進入汽缸裏活塞2的一邊，推動活塞運動。再參看圖3，汽缸兩端的汽門13和14由一種配合好的機件「汽閥」自動打開和關閉（圖上沒有把汽閥表示出來）。

从汽鍋引來的新蒸汽,压力和温度都比較高,当它通过汽門 3 進入汽缸中活塞左边時,处在活塞右边的是已經工作过的压力和温度都比較低的廢蒸汽。这样,因为活塞兩边蒸汽的作用力不相等,就使活塞向右移動,經過連桿4的傳動,使曲柄5帶動机軸廻轉。此時,汽閥的位置使汽門13接通汽櫃,而使汽門14接通排汽管,所以,活塞的向右移動使活塞右边的廢蒸汽被挤出汽門14送入排汽管。接着,汽閥把汽門13關閉;以後,虽然新蒸汽已經不再進入汽缸,但是,汽缸中活塞左边的蒸汽压力,仍舊比活塞右

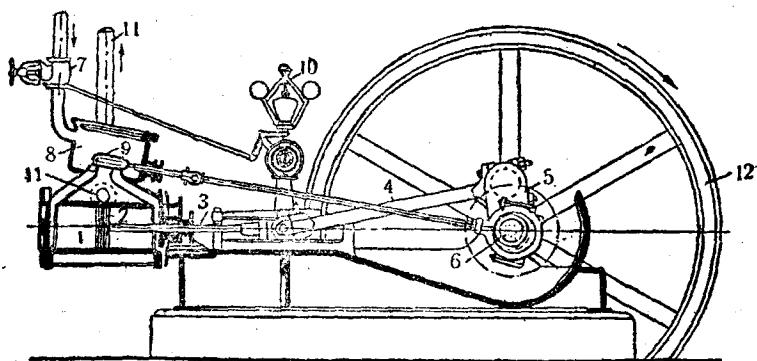


圖 2 蒸汽机的構造圖:

- 1.汽缸; 2.活塞; 3.活塞桿; 4.連桿; 5.曲柄; 6.机軸;
- 7.總汽門; 8.汽櫃; 9.汽閥; 10.調速器; 11.排汽管;
- 12.飛輪。

边的廢蒸汽压力高,所以活塞左边的蒸汽繼續膨脹仍推動活塞向右;直到活塞移動到最右边的位置時,汽閥的位置已經使汽門 14 接通汽櫃、汽門 13 接通排汽管,於是,新蒸汽又經過汽門14進入汽缸中的活塞右边而使活塞回头走,把活塞右边已經工作过的廢蒸汽排出汽缸。自動控制的汽閥使汽門交替地接通

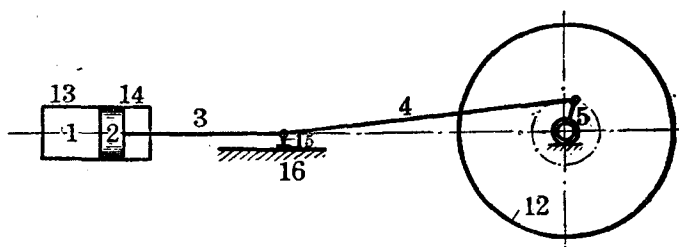


圖3 簡化後蒸汽机主要部分的示意圖：

1.汽缸；2.活塞；3.活塞桿；4.連桿；5.曲柄；12.飛輪(固定在機軸上)；13.14.汽門；15.十字頭；16.導路(固定)。

汽櫃及排氣管的情況，可參看圖4。

活塞來回的移動，使機軸連續向某一方向迴轉，因此可以讓它帶動機器工作。不過活塞所受推力的大小是有變化的，結果，自然會引起機軸的轉動忽快忽慢，這不是我們所希望的。為了使蒸汽機的機軸轉動得比較均勻，總在軸上裝着一個很大的飛輪，利用它的笨重來減小機軸轉動速度變快變慢的靈活性。正因為有飛輪的緣故，所以開動蒸汽機的總汽門後，機軸從不動到達正常轉速，總要經歷一段時間，當總汽門完全關死後，蒸汽機也不會馬上停下來。

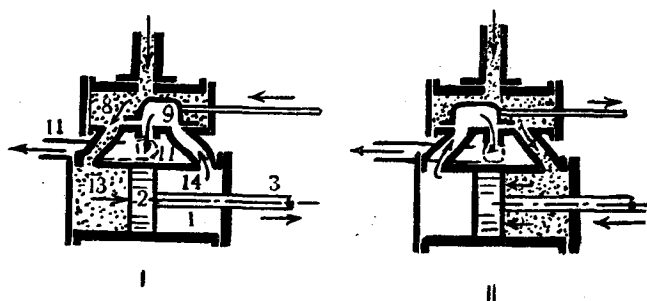


圖4 蒸汽在汽缸內工作的情況（各部名稱見圖2圖3）。

上面所講的，是蒸汽机為什麼會動的基本道理。在這裏應該注意，蒸汽机的作用並不是帶動一個飛輪，而是要發出一定的力量，能够拖動其他的機器，例如發電機、水泵（打水池）等等。飛輪只是蒸汽机本身所附設的一種機件，使機軸能够比較均勻的轉動，不致於發生很大的震動。

由於應用場合的不同，蒸汽机可以有很多不同的式樣，並且可以在某些部份具有特別的構造。例如：蒸汽机的汽缸可以橫放或豎放，在個別的情況下還可能被斜放；比較大的蒸汽机往往有不只一個汽缸，幾個汽缸可以並肩工作，各自吸入新蒸汽和排出廢蒸汽，也可以讓蒸汽在一個汽缸裏祇做一部份功、然後再在下一個汽缸裏接着做功。儘管如此，蒸汽在每一個汽缸裏推動活塞使它行動的原理總是一樣的。

目前在農村中用來拖動水泵的「鍋駝机」，也是一種和鍋爐緊湊地配合在一起的蒸汽机，它的動作原理，就如同前面所說的一樣。

2. 內 燃 机

在十八世紀中葉到十九世紀中葉，蒸汽机是唯一成功的熱机，工業上幾乎所有的機器都要用它來帶動。蒸汽机的出現，的確是人類利用自然潛力——燃料所儲藏的熱能來得到動力的偉大勝利。蒸汽机的廣泛採用，使十八世紀末葉和十九世紀初的技術水平有了很大的提高。人類不能滿足於已有的成就，要創造新的更靈便的熱机。蒸汽机要有笨重的鍋爐和需要大量的水，這對於要求輕巧的發動机的地方，例如輕便的交通工具等，就不很適當。因此，人們自然會產生設計內燃机，即直接把燃料送到汽缸裏去燃燒，用燃燒後的熱煙氣來推動活塞。十分明顯，固体燃

料，由於有灰份的緣故，不能作為內燃機的燃料，因為我們很難從正在工作的气缸裏可以除灰。所以在蒸汽機出現以前，雖然就有過想用火藥來發動的內燃機的創造意圖，可是都沒有成功。

沒有空氣就不能燃燒，所以，固體燃料和液體燃料總要在接觸空氣的表面燃燒。氣體燃料因為容易和空氣混合，燃燒的速度最快。

前面已經講過，汽油很容易揮發成氣體，如果讓汽油的氣先在汽缸外面和空氣混合，然後把混合氣體送入汽缸，用自動點火器點火，就會猛烈燃燒。這種使汽油氣化，並且和空氣混合的設備，叫做汽油機的「化油器」。煤氣機基本上和汽油機的工作原理相同，不過，煤氣已經是氣體，可以直接用「混合器」使它和空氣混合。柴油機的情況就不同了。柴油很粘，不容易氣化，因此，不容易和空氣混合，也不容易起火。正因為燃料性質不同，內燃機在工作原理上，可以分汽油機和柴油機兩大類。在柴油機裏，為了使柴油能夠和空氣混合，就要在高壓力下把柴油成霧狀噴入空氣；此時，如果空氣的溫度升高到超過柴油的着火點的溫度，那末，柴油一噴進去，就會浮懸在空氣中起火燃燒了。

圖5表示內燃機基本構造的示意圖。其中：1為汽缸，2為活塞，3和4分別表示進氣閥和排氣閥；5和6各為進氣管和排氣管；7所表示的，在汽油機和煤油機中，應該是自動點火器把混合氣體點着的電火花塞、每隔一定時間發火一次，在柴油機中應該是自動把柴油噴成霧狀的「噴油嘴」、每隔一定時間對汽缸噴油一次。和蒸汽機一樣，內燃機的气閥也由一套機構自動控制（圖上沒有表示出來），按着嚴格規定了的時刻準時打

開和關閉氣門；不過，內燃機的气閥一般都是進氣閥和排氣閥分開。內燃機多半祇讓工質在汽缸中活塞的一邊工作，所以連桿可以直接連接在活塞上，不必像圖2和圖3所表示的蒸汽機那樣需要活塞桿和十字頭。

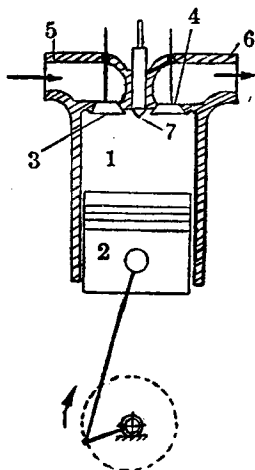


圖5 內燃機基本構造
的示意圖。

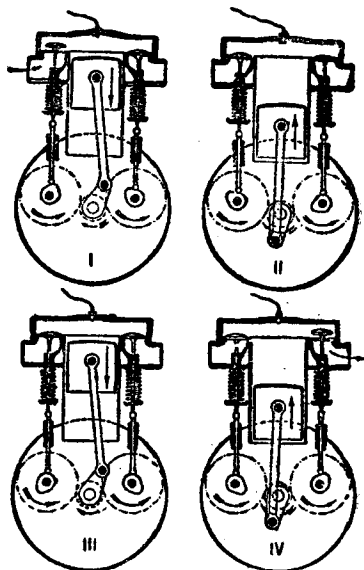


圖6 汽油機動作的四個階段。

讓我們在下面分別研究汽油機和柴油機的動作。

(甲) 汽油機 (參看圖6 I), 活塞在最上邊的位置時, 進氣閥就開了, 如果機軸在轉動、帶動活塞往下走, 就把已經混合好的可以燃燒的气体从進气管吸入气缸。当活塞到達最下邊的位置時、進氣閥已經關閉, 機軸的繼續轉動使活塞向上回行 (圖6 II), 這時候, 被密閉在气缸中的气体受到壓縮。