

# 活 塞 式 內 燃 机

B. H. 巴甫洛夫 著  
B. П. 塔勒森科夫



机 械 工 业 出 版 社

# 活 塞 式 內 燃 机

B. H. 巴甫洛夫 著  
B. П. 塔勒森科夫  
乐 铸 译



机械工业出版社

1958

## 簡 介

本書專供想獲得關於活塞式內燃機基本知識的工人、農民和士兵同志閱讀。本書緊縮而通俗地敘述了發動機的構造和工作、它的各個機構以及它所發生的主要物理過程，並介紹關於活塞式發動機的運轉和技術保養的一些規則。

蘇聯 В. Н. Павлов, В. П. Тарасенков 合著 ‘Поршневые Двигатели внутреннего сгорания’ (Военное издательство министерства обороны союза сср 1957 年第一版)

\*

\*

\*

NO. 2176

---

1958 年 12 月第一版    1958 年 12 月第一版第一次印刷  
787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 字數 107 千字 印張 5<sup>1</sup>/<sub>8</sub> 0,001— 6,500 冊  
機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版  
機械工業出版社印刷廠印刷    新華書店發行

---

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號    定價(11) 0.89 元

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 緒言 .....                   | 7  |
| 第一章 活塞式内燃机的工作原理和一般構造 ..... | 11 |
| 发动机的分类 .....               | 11 |
| 发动机的构造概况 .....             | 14 |
| 进气冲程、工作容积和公升排量 .....       | 15 |
| 压缩冲程和压缩比 .....             | 17 |
| 点火和工作行程 .....              | 17 |
| 排气冲程 .....                 | 19 |
| 二行程工作循环 .....              | 20 |
| 二行程循环优缺点的比較 .....          | 22 |
| 发动机的一般构造 .....             | 23 |
| 曲柄-连杆机构 .....              | 23 |
| 汽缸 .....                   | 23 |
| 活塞組 .....                  | 24 |
| 连杆 .....                   | 28 |
| 曲軸 .....                   | 30 |
| 分气机构 .....                 | 32 |
| 气門 .....                   | 33 |
| 分气軸 (凸輪軸) .....            | 34 |
| 推杆、挺杆和搖臂 .....             | 35 |
| 发动机的一般构造形式 .....           | 35 |
| 汽缸排和汽缸分布位置的种类 .....        | 37 |
| - 发动机的工作次序 .....           | 38 |
| 发动机的轉速 .....               | 41 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 发动机的功率 .....               | 43 |
| 扭轉力矩 .....                 | 45 |
| 效率 .....                   | 47 |
| <b>第二章 發動机的燃料供給</b> .....  | 48 |
| 可燃混合气和工作混合气 .....          | 48 |
| 简单汽化器的构造 .....             | 49 |
| 发动机的工作条件和对工作混合气的要求 .....   | 51 |
| 简单汽化器的缺点 .....             | 53 |
| 現代汽化器的一般构造 .....           | 54 |
| K-49A型汽化器的构造和工作 .....      | 60 |
| MK3 K-84型汽化器的构造和工作 .....   | 63 |
| 燃料輸入汽化器的方法和增压泵 .....       | 69 |
| <b>压燃式发动机內混合气的形成</b> ..... | 71 |
| 燃料供給裝置和高压油泵 .....          | 72 |
| 噴油器 .....                  | 76 |
| 油泵-噴油器 .....               | 78 |
| 燃燒室的形状 .....               | 80 |
| 燃料的过滤 .....                | 81 |
| 发动机所使用的燃料 .....            | 87 |
| <b>第三章 發動机的空气供給</b> .....  | 88 |
| 尘土对于磨損的影响 .....            | 88 |
| 空气滤清的方法 .....              | 89 |
| 空气滤清器的构造和工作 .....          | 89 |
| <b>第四章 混合气的點火和燃燒</b> ..... | 91 |
| 电火花的产生 .....               | 91 |
| 点火裝置的构造和工作 .....           | 92 |
| 提前点火和混合气的燃燒速度 .....        | 96 |
| 爆震 .....                   | 97 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 自然和着火延迟期 .....             | 98         |
| 柴油机里燃烧过程的特征和粗暴工作 .....     | 100        |
| 燃烧的效率和冒烟 .....             | 101        |
| <b>第五章 发动机的润滑 .....</b>    | <b>102</b> |
| 发动机的摩擦和磨损 .....            | 102        |
| 怎样减少零件的摩擦力和磨损 .....        | 105        |
| 发动机的润滑油 .....              | 109        |
| 机油的物理化学性质 .....            | 109        |
| 发动机的零件怎样润滑 .....           | 111        |
| 润滑系统各种附件的构造 .....          | 115        |
| 机油滤清器 .....                | 116        |
| 机匣的通风装置 .....              | 119        |
| <b>第六章 发动机的冷却 .....</b>    | <b>121</b> |
| 概述 .....                   | 121        |
| 气冷系统 .....                 | 122        |
| 液冷系统 .....                 | 124        |
| 液冷系统的附件和部件的构造 .....        | 129        |
| 冷却液温度的调节 .....             | 134        |
| 冷却液 .....                  | 137        |
| 水垢 .....                   | 138        |
| <b>第七章 起动装置 .....</b>      | <b>141</b> |
| <b>第八章 发动机的运转和保养 .....</b> | <b>146</b> |
| 发动机起动的准备 .....             | 146        |
| 发动机在冬季的起动 .....            | 147        |
| 预热和在各种运转情况下的工作 .....       | 148        |
| 发动机的停转 .....               | 149        |
| 冬季和夏季发动机的运转特点 .....        | 150        |
| 发动机的技术保养 .....             | 152        |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 分气系統和供給系統的調节 ..... | 153 |
| 滤清器和空气滤清器的清洗 ..... | 157 |
| 点火系統的調节 .....      | 157 |
| 潤滑油的更添 .....       | 158 |
| 試轉 .....           | 158 |
| 发动机的運轉故障 .....     | 159 |
| 噪音、碰击声和冒烟 .....    | 161 |
| 发动机技术状态的測定 .....   | 162 |

## 緒 言

內燃机在比較短的历史时期中就获得了广泛的傳播和各种各样的应用。

內燃机对于空运和陆上无軌运输的发展曾經起过特别重大的作用。由于內燃机的誕生，就有可能制造自动車輛——汽車和机器脚踏車。現在有許多多种的汽車——小汽車、載重量极不相同的載貨汽車、城市內和各城市間运送旅客的公共汽車以及特种机器——自动加油器、自动壓縮器和活动发电站等等。所有这些机器都是用各种型式和大小的內燃机来发动的。

內燃机已經成为农业机械化的基础。拖拉机、自动联合收割机和其他农业机器正大量使用在集体农庄和国营农场中。

內燃机在铁路运输中的应用也愈来愈广。用內燃机发动的內燃機車和蒸汽機車相比有許多优点，如比較經濟，以及在較长的距离內运输貨物而无須加添水和燃料等。

內燃机在造船工业中的比重也开始增加。不但在小船里，就是在巨大的海輪中也安装了內燃机。

苏联陸軍和海軍航空队的所有軍事技术装备，到处都安装着內燃机。坦克、自动炮、装甲运输車、飞机、战艦、机器脚踏車和許許多多大小輔助机器都用內燃机来发动。

还有，苏联的工业普遍使用內燃机作为固定裝置。这种固定动力裝置在小型和中型的发电站、石油工业、抽水站等

也都广泛采用。

1860年在巴黎出现的第一台使用气体燃料的内燃机，设计得非常简陋，以致根本谈不上普遍的应用。最早的一批燃气发动机体积笨重，功率很低。它们在使用时必须随时获得燃气，因此对于运输机器都不适用。

内燃机的出现和为它寻找适当的廉价燃料，对于石油精炼工业的发展起了一定的推动作用。上世纪末叶，石油精炼工业已经能对内燃机供给优良的燃料——煤油和汽油。可是当时煤油和汽油的价格还是比较昂贵，因此使用这种燃料的内燃机不能顺利地 and 较为便宜的蒸汽机进行竞争。

1899年，彼得堡机器工厂制造了俄国第一台使用石油的压燃式发动机。这种发动机在工作中证实可靠有效，于是从那时候起，这种利用重燃料的发动机开始普遍使用，特别是在小型河船和海上舰队中用得最多。

在伟大十月社会主义革命以前，俄国对于用在运输机器——汽车中的轻便发动机没有加以注意。这种发动机可以满足特殊的需要，因为它轻便，尺寸小，具有一定的转速范围，以及使用可以和发动机一起运输的燃料等。

在俄国，曾经设计和甚至制造过这种发动机的样品，可是由于国内一般经济的落后，以致它们没有得到普及。

但是在有些国家内，由于资本主义经济高度的发展，运输用的内燃机获得了应有的评价，而且短时期内在经济中取得了巩固的地位。

内燃机一年比一年完善。改进了各个零件，改善了工作过程，提高了功率和经济指标。有关内燃机的科学迅速获得发展，而这门科学的成就则又保证了内燃机构造的改善。俄

國學者B.И.葛利涅維茨基和E.K.馬金格教授等的著作在發動機理論上曾經有過很大的貢獻。

1914—1918年的第一次帝國主義大戰，對於運輸用發動機製造業的發展給予強烈的推動。可是沙皇時代的俄國自己不能大規模製造運輸機器和運輸用的內燃機。

隨著蘇維埃政權的建立，除恢復遭受破壞的經濟外，還從事組織新的工業部門，特別是生產發動機（主要為汽車和航空用的發動機）的部門。可是在第一個五年計劃開始前，發動機的生產數量是微乎其微的。

在第一個五年計劃開始時，普遍發展發動機製造業的問題已經成熟。僅僅汽車和拖拉機就需要生產幾十萬輛以供應全國道路和田地上的需要。此外，飛機製造工業、造船工業和其他需要大批內燃機的工業部門也都以極大的速度向前發展。在大戰前各個五年計劃期間，製造了許多內燃機模型，其中應當提到的有格斯和吉爾式的汽車發動機，4T3式的拖拉機發動機和B-2式坦克發動機。這裡介紹幾位蘇聯最優良發動機的著名設計家和創造家：A.A.米庫林，A.Д.什維佐夫，И.Я.特拉舒廷等。

在偉大衛國戰爭中再一次証實內燃機對於軍事技術裝備的發展具有多么重大的意義。當時沒有一個兵種不在各種不同的目的上使用內燃機的。

大戰以後的各個五年計劃期間，在發動機的製造工業上獲得了新的成就，在這些年間蘇聯人民在蘇聯共產黨的領導下不僅恢復了戰前的生產水平，而且還大大超過這個水平。創造了用作農業機器的新穎優良的發動機型式，包括經濟耐用、操作方便的柴油機。還生產供應大規模造船工業、發

电站和铁路运输使用的功率很大的发动机。

在发展祖国的发动机制造业方面，苏联科学家的功績是无法估計的。他們对发动机內进行的各个过程給予精密的解釋，創造了新的完善的計算方法。科学院院士Б.С. 斯捷契金和H.П. 布列林格以及A.С. 奥尔林、T.M. 密尔古莫夫、A.Д. 查罗姆斯基等教授和其他許多科学家对于发动机的科学都有很大的貢獻。

苏联共产党第二十次代表大会在其对第六个五年計劃的指令中指出，要繼續扩大生产內燃机和利用內燃机作为动力装置的机械。例如，指令規定，繼續发展汽車和拖拉机的工业，使到1960年全国生产汽車650,000輛（为1955年的1.5倍）和拖拉机322,000輛（为1955年的2倍）。

这样多的汽車和拖拉机（至于其他使用內燃机发动的机器和装置則更不消說了），都需要有极熟練的駕駛員、精通本身业务的机械員和修理技师。

但是，除直接和发动机有关的工作人员外，每个工人、集体农庄庄員、士兵和水手、对于內燃机里发生的物理过程以及它的构造和運轉原理也都應該熟悉。

本书对于汽車或拖拉机所使用的具体发动机不加叙述。这里只研究发动机內发生的現象，叙述适应祖国設計的各个部件和机械的构造以及工作的一般原理，并說明发动机運轉的基本問題。

作者想对有兴趣于軍事技术装备的士兵和水手同志，介紹成为許多战斗机械中重要部分的內燃机的初步基本知識。

# 第一章 活塞式內燃机的

## 工作原理和一般构造

### 发动机的分类

我們首先应当确定：一般什么叫做发动机？以及內燃机和其他各种各样发动机有什么区别呢？

我們在日常生活中可以遇見各种形式的能，如热能、化学能、电能、风能和水落下时的能，还有原子变化所发生的能。所有这些能在“单纯的形式”时，我們在实际生活中对它們利用得很有限。在大多数情况下我們必須获得机械功，就是为使汽車、拖拉机和飞机运动以及使机床、升降机或无数其他机械开动所需要的功。把任何一种形式的能轉变为机械功的机器就叫做发动机。

人們学会了把任何形式的能变为机械功的方法。按照所使用的最初形式的能，可以把发动机分为风力发动机、水力发动机、电力发动机、原子能发动机和热力发动机。热力发动机应用最广。这是因为它有很大的燃料（热能的产生者）儲量，能的排出比較容易，而且能的利用可以和燃料的开采或生产地点不发生关系。

內燃机属于热力发动机。管它叫內燃机是因为热能的排出和改变都是当燃料在发动机內燃燒时进行的。

內燃机分为活塞式內燃机、燃气渦輪式发动机、噴气式发动机和綜合式发动机。

在这本书里将詳細研究活塞式內燃机，燃料在內燃机的

汽缸里燃燒，而燃燒的能利用活塞和曲柄机构轉变为机械功。活塞式內燃机普遍使用在所有的国民經济部門和軍事技术装备中（图1）。

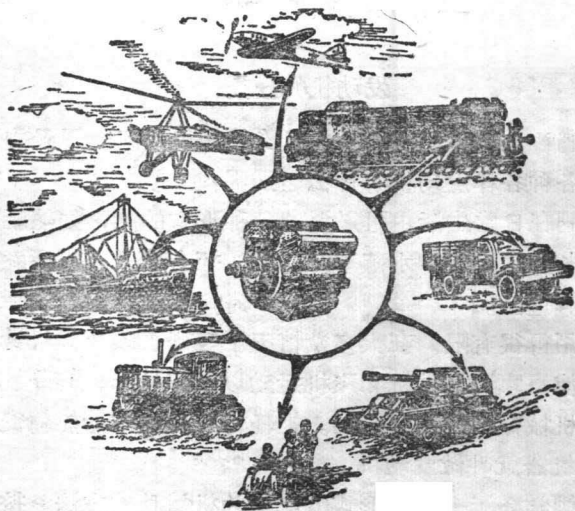


图1 活塞式內燃机的应用范围

这样，在发动机的汽缸內燃燒的原料就发出热能或热量。热能是在燃料燃燒以后，充滿汽缸的气体物质的温度上升时出現的。大家知道，如果密閉容器內的汽体的温度上升，那么压力也相应增加。这时气体就极力膨胀，以同一的力量向容器的所有內壁挤压（图2）。发动机的汽缸就是在燃料点火瞬間以前的这种密閉“容器”。可是，这种“容器”的一个壁，也就是活塞，可以沿着汽缸的导壁移动。在活塞上面具有很大压力的灼热燃气迫使活塞运动，一直到活塞下

面的压力大約等于大气压力为止。

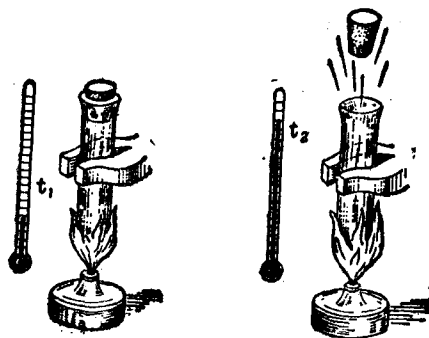


图 2 当气体加热时，它的压力就随之增加

活塞式內燃机分为两类，就是强制点火式发动机和压燃式发动机（柴油机）。

在强制点火式发动机里，燃料和燃燒所需要的空气的混合，是在发动机的汽缸以外进行的，使已經准备好的可燃混合气进入汽缸。为了制造燃料和空气的混合气設立特殊的装置——汽化器。

我們看到，現在有少数强制点火式发动机，其中的燃料直接噴入汽缸，燃料在汽缸內和空气直接混合，才开始点火。这样的发动机叫做油泵汽化式发动机。

汽缸內的可燃混合气是用由点火装置发出的电火花点火。

强制点火式发动机使用容易揮发的燃料〔汽油，里格罗因（重汽油），气体燃料〕。

在压燃式发动机里，使洁淨的空气进入汽缸。再使燃料

在一定時間內噴射到已經壓縮的空氣中，因而在汽缸里形成可燃混合氣。混合必須在極短促的時間內進行。利用附加的裝置和機構——燃料供應裝置噴射燃料。

壓縮式發動機使用揮發性低的燃料，這種燃料在正常的條件下獲得其他火源時具有很高的發火點，而在壓力下不使用明火的火源時，具有較低的發火點。

### 發動機的構造概況

讓我們看一看圖3的發動機汽缸的示意圖。汽缸內的活塞進行直線運動，活塞行程的範圍受到曲軸曲柄的限制。活塞和曲柄用連杆互相連接。連杆無論和活塞或曲柄的連接都是活動的。當連杆轉到和曲柄成一條線的瞬間，活塞就在極

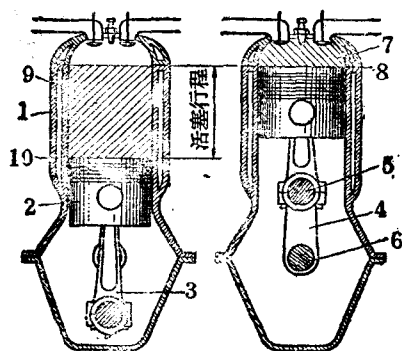


圖3 發動機汽缸示意圖

1—汽缸； 2—活塞； 3—連杆； 4—曲柄； 5—曲軸的曲柄頸； 6—曲軸的支承軸頸； 7—壓縮空間容積； 8—上死點； 9—工作容積； 10—下死點。

限位置上。因此，活塞的運動界限就是上極限位置和下極限位置，或叫做上死點和下死點。

“上死點”和“下死點”的名稱對於所有的活塞式發動機都適用，但是它們對於曲軸裝在下面的直立式發動機來說就更為確切。如果把它們叫做“內死點”和“外死點”以代替“上死點”和“下死點”，那就更為適用

了。这些点之所以称为“死点”，是因为活塞在其中的一点上时在压力下也不能再移动。一直到在连杆和曲柄之間产生那怕是很小的角度时才开始移动。

为了使燃料在汽缸內燃燒和使热量变为功，必須很好地准备燃燒过程。所謂很好地准备燃燒过程，就是完全清除汽缸腔內的廢汽，使燃料和空气充分混合，可燃混合气充滿汽缸，以及产生足以使可燃混合汽确实点火的預压和溫度。

### 進气冲程、工作容積和公升排量

工作混合气（參閱第二章）在发动机的汽缸內是“一股股”地燃燒的。在发动机汽缸內所进行的，从燃燒前工作混合气的准备，到“一股股”工作混合气的燃燒以获得有效功的各个过程的总合，叫做发动机的工作循环。

“在活塞从一个死点到另一个死点的运动時間中所发生的一部分工作循环叫做冲程，”而活塞在两个死点之間沿汽缸軸綫移动的距离叫做活塞行程。

发动机的工作循环，是从汽缸充滿可燃混合气（也就是燃料和空气的混合物）开始的。假定活塞开始从上死点往下移动。随着活塞的运动，活塞上面的容積开始扩大，于是在那里的气体就极力膨脹和占据这个容積。因为在活塞开始往下运动以前，活塞上面和下面的压力都等于大气的压力，逐漸增加的容積使活塞上面的气体稀薄，也就是使那里的压力低于进气管內的压力）

在活塞上面空間和进气管內的压力差的作用下，空气通过由进气門打开的口冲入汽缸。因此，在活塞从上死点移到下死点时，整个汽缸充滿工作混合气或空气。这个冲程叫做

进气冲程(图4)。充填量的实际值愈接近理論上的計算值,那么发动机的工作就愈好,它的功率就愈大,而每个单位功率內的燃料消耗量也就愈小。

在汽缸里,活塞从上死点移到下死点时所空出的容积叫做汽缸的工作容积。多汽缸发动机里所有汽缸工作容积的总和就是发动机公升排量。当活塞在下死点时,活塞上面的汽缸容积叫做汽缸全容积。

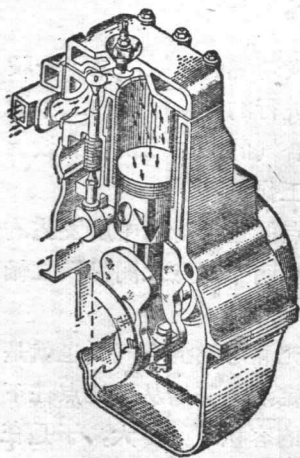


图4 进气冲程

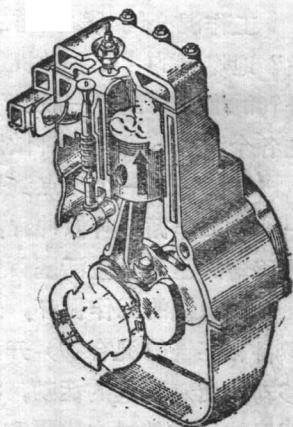


图5 压缩冲程

进气門不是在活塞开始从上死点运动时才打开的,而是要稍为早些。这样,汽缸就能很好地清除留下来的燃燒产物,因为廢气流以很大的速度通过排气口冲出,而經进气口吸入的新鮮充气仿佛对汽缸腔进行冲洗那样。进气門不是在进气冲程的下死点时关闭的,而是在下一个冲程开始以后过