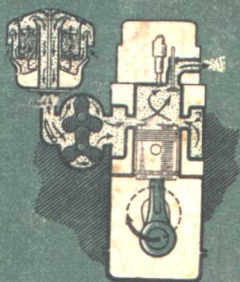


柴油机的構造和工作原理

Б. А. 庫 羅 夫 著
尹 士 杰 施 干 青 譯
許 金 釗 校



人民交通出版社

柴油机的構造和工作原理

Б. А. 庫 羅 夫 著
尹 士 杰 施 干 青 譯
許 金 釗 校

人民交通出版社

本書的目的是向汽車拖拉機駕駛員及其他有關人員介紹柴油機的構造、工作及其使用特點。

書中以通俗的形式敘述了柴油機的基本工作過程，柴油機的主要機件的用途、結構、作用原理以及它們的保養規則。

書中利用裝在汽車拖拉機上的現代蘇聯柴油機的結構圖、簡圖來舉例說明。

Б. А. КУРОВ
КАК УСТРОЕН И РАБОТАЕТ ДИЗЕЛЬ
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1955

柴油機的構造和工作原理

尹士杰 施千膏 譯

許 金 釗 校

*

人民交通出版社出版

北京安定門外和平里

上海市書刊出版業營業許可證出〇〇六號

中科藝文聯合印刷廠印刷 新華書店發行

*

書號：15044·4160

開本：787×1092 耗 1/32 印張：3 11/16 字數：106,000

1957年7月上海第1版

1957年7月上海第1次印刷 印數：1—7400冊

定價(10)：0.55元

目 錄

緒 言	1
物理学中的某些概念	8
力学中的基本概念和規律	8
热工学的基本概念及其規律	13
柴油机的的工作	15
柴油机的工作特性	15
四冲程柴油机的工作	17
二冲程柴油机的工作	23
四冲程和二冲程柴油机的比較	26
柴油机工作时的作用力	26
柴油机的構造	34
曲柄-連杆机构	38
气体分配机构	44
冷却系	46
潤滑系	49
燃料系	60
供油系	67
空气供給系	91
廢气排除系	95
柴油机的起动机机构和起劲	97
柴油机的电气設備	103
柴油机的校准	104
柴油机的保养	110
柴油机的主要故障及其消除方法	112

緒 言

高速內燃機對國民經濟和國防力量具有非常重大的意義。幾乎所有的汽車、拖拉機、坦克、飛機、摩托車以及築路機械、土方機械和農業機械上都裝有高速內燃機。這種發動機之所以獲得這樣廣泛的使用，首先是由於它們的尺寸和重量不大，卻具有較大的功率並且起動方便。裝有內燃機的機器不象電車或無軌電車那樣需要電綫，又不象機車那樣需要軌道。內燃機在每一公里路程和每單位功率上所耗的燃油量比較少，因此一次加足燃油後，汽車可以行駛相當長的路程，拖拉機、坦克和飛機可以工作相當長的時間。

內燃機是用石油分餾產品作為燃料的。隨着內燃機的廣泛應用，石油的總消耗量也隨之大增。為了節省燃料，首先是汽油，而採用各種方法。即使一台發動機在工作中節省數克燃料，那末全部機器就能節省數十噸燃料。

節省燃油可用兩種方法：製造根本不用石油煉製品的發動機，而採用其他種類的燃料。或者改進已有發動機，使每馬力耗油量減少。

現在常用的內燃機可分為：汽化器式發動機、柴油機和煤氣機。

在國民經濟中，用汽油工作的汽化器式發動機使用最為廣泛。儘管這些發動機具有一系列的優點，但是在許多場合下還是不及柴油機（壓燃式發動機）。首先是柴油機的耗油量比汽化器式發動機少；而且柴油又比汽油便宜。例如，安裝在瑪斯-200型載重汽車上的亞斯-204型柴油機，每馬力小時的柴油消耗量為190~200克；而裝在吉斯-150型載重汽車上的吉斯-120型汽化器式發動機，每馬力小時的耗油量為230~250克。

裝有柴油機的重型載重汽車運用經驗指出，這種汽車每噸公里的耗油量比裝有汽化器式發動機的汽車要少30~40%。

此外，柴油機與汽化器式發動機相比，還有其他優點。它具有較好

的加速性和发出較大的扭矩。在柴油机上沒有电气点火系統。

在重型載重汽車、公共汽車、拖拉机上应用柴油机較為合理。这是由于：第一，在这些机器上燃料能获得巨大的節約，因为一輛重型載重汽車或公共汽車的燃油年耗量，比一輛中等排量的輕便汽車燃油年耗量大9倍。第二，柴油机比汽化器式发动机为重。在重型載重汽車和拖拉机上安装較重的发动机影响不大，可是，如果在輕型載重汽車和輕便汽車上采用重的发动机，必然明显地影响到汽車的总重，而使它的性能惡化。

就是因为这样，在重型載重汽車、公共汽車和拖拉机上裝用柴油机，而在輕型和中型載重汽車上、以及在輕便汽車上則采用汽化器式发动机。

第一台压燃式发动机系按照德国工程师 P. 笛什尔的建議，于1897年在德意志制成。发动机发出20馬力的功率，燃料（煤油）單位消耗量为247克/馬力小时。燃油是靠压缩空气的帮助而噴入气缸中去的（帶压气机的压燃式发动机）。

1899年，在彼德堡机器工厂（諾別尔工厂）曾制造了具有較高經濟性的帶压气机的压燃式发动机，其燃油單位消耗量（原油）为221克/馬力小时。

俄国工程师所制的发动机結構与笛什尔所制发动机不同，并具有优点；在国外称它为“俄罗斯发动机”。俄国工程师們則用习惯的名称称呼自己的发动机为“笛什尔”。这样，从这时起，为簡化“压燃式发动机”的名称，开始使用了习惯的名詞“笛什尔”。

压燃式发动机过去所以不能用在运输机械上而只能用作固定的动力裝置，是因为須用压气机向气缸中噴入燃油，因而增加了发动机的尺寸和重量。

第一台不帶压气机的压燃式发动机，是按照俄国工程师 Г·В·特林克列尔的设计，于1899年在普梯洛夫工厂（現在的基洛夫工厂）造成的。

在偉大的十月社会主义革命前，“俄罗斯柴油机”工厂生产了各种低速柴油机。到1913年全部柴油机的总功率为5万馬力。但是对于国家所

需要的低速柴油机和特别是高速柴油机的生产，只有在苏維埃政权年代里才获得了发展。还在第一个五年計劃結束时，苏联全部柴油机的总功率已为 28 万馬力，它的年产量超过革命前的 4 倍以上。在第二个五年計劃中，不仅繼續增加了柴油机的生产量，并且还設計了新的結構进行了改进的高速柴油机型式的生产。

在柴油机发展的第一階段中，曾嘗試將它們建立在已有的汽車汽化器式发动机的基础上。例如，在 1933 年 M-12 柴油机是以載重汽車 AMO-3 型的发动机为基础而制成的。但是这些柴油机尚不够結实和可靠。因此，不仅有必要利用汽車发动机、而且也利用船用式和固定式柴油机的生产經驗，来制造新式結構的柴油机。

1934 年苏維埃政府所組織的国际竞赛，对高速柴油机的发展起了很大的作用。在这次竞赛中，由 H·P·勃里林克教授所設計的苏联柴油机参加了竞赛，并获得第一。就节约燃油消耗量方面來說，与汽化器式发动机相比，柴油机的优点在这次竞赛中明显地显示出来了。

在柴油机发展过程中，改进它的工作过程具有很重大的意义。吉斯 II-7 型柴油机的渦流室大大地改善了这种型式柴油机的經濟性。1935 年已經設計出直接噴油式的二冲程柴油机。

除了工作过程改进之外，还要改进柴油机的零件和各个合件。增加曲柄連杆機構的强度，改善潤滑系，采用新式軸承等等。

在偉大的卫国战争年代里，开始了为汽車拖拉机工业設計新式結構的柴油机的工作。在战后五年計劃中規定了繼續扩大柴油汽車和柴油拖拉机的生产。

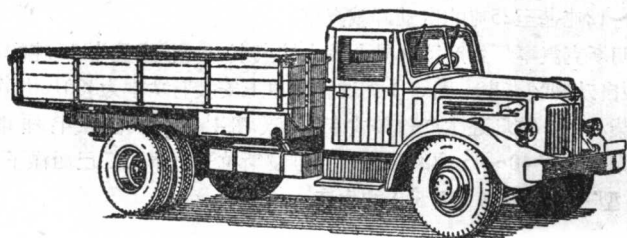


图 1 瑪斯-200 型載重汽車

按照五年計劃改建了雅罗斯拉夫汽車廠，并完全改为生产柴油載重汽車。工厂改建以后，它变为生产重型載重汽車柴油機的大型企业。現在这个工厂生产着亞斯-204型四缸柴油機和裝有亞斯-206型六缸柴油機、載重量为10~12吨的亞斯-210型載重汽車。在白俄罗斯建成了—个巨大的汽車工厂并已开工生产。这个工厂生产載重7吨的瑪斯-200型載重汽車（图1），和裝有亞斯-204型柴油機的瑪斯-205型自动卸貨汽車（图2）。

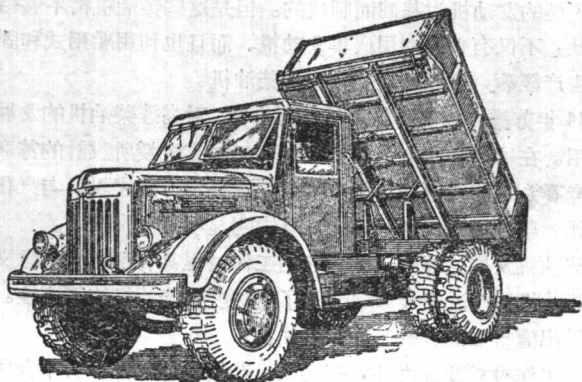


图2 瑪斯-205型自动卸貨汽車

我們的工业以基本型式为基础，生产着大量新型的載重汽車，以滿足国民經济的需要。为了我們巨大的工业建設，需要生产一些特殊的、高生产率的机器。为了服务于这些机器，例如挖土机，那就需要生产載重10~12吨甚至25吨的自动卸載汽車。

明斯克汽車厂生产了世界上最大的汽車——載重量为25吨的瑪斯-525型自动卸載汽車（图3）。这种汽車上安裝有功率为300馬力的十二缸柴油機。該厂还生产着鞍式牽引車（图4），供拖帶半挂車^①之用。为了拖帶40~45吨的半挂車，雅罗斯拉夫汽車工厂已組織了亞斯210Г型三軸牽引車（图5）的生产。

① 前端支承在牽引車的支座—挂鈎机构上的挂車称为半挂車。

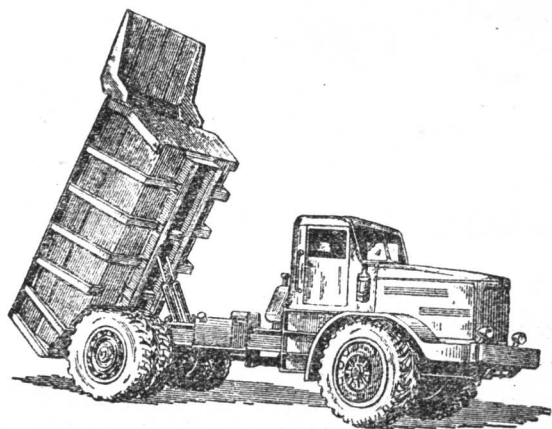


图 3 瑪斯-525 型自动卸貨汽車

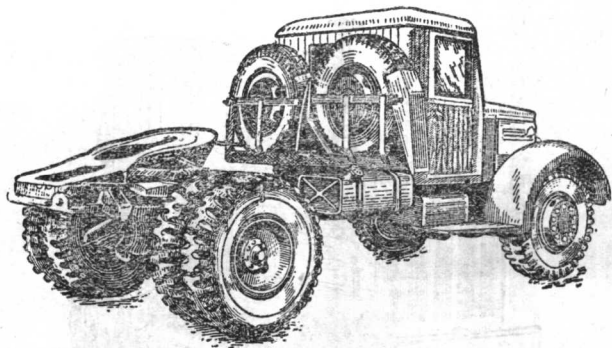


图 4 鞍式牽引車

战后，拖拉机制造厂也轉而生产柴油拖拉机，因而現在本国工厂出产的大多数拖拉机上都安裝着柴油机。拖拉机工业保証我們的农业和偉大的建筑工程得到所需的各種型式拖拉机，象里賓斯克工厂所生产的裝有 Д-35 型柴油机的“基洛維茨 Д-35”拖拉机（图 6），基洛夫工厂所生产的裝有 КДМ-46 型柴油机的“斯大林涅茨-80”大型履帶式拖拉机（图

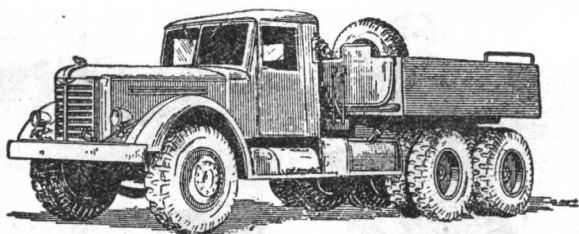


图5 亞斯-210 Г 型牽引車

7)。斯大林格勒、阿尔泰和其他拖拉机厂生产着中等功率的 ДТ-54 型耕作拖拉机以及其他用途的拖拉机。

在我国的国民经济中，柴油机获得被广泛的采用，起着巨大的作用。到1955年时，大载重量的柴油机汽车将为1950年的4.5倍。载重量为10吨和10吨以上汽车的生产量增长到44倍！

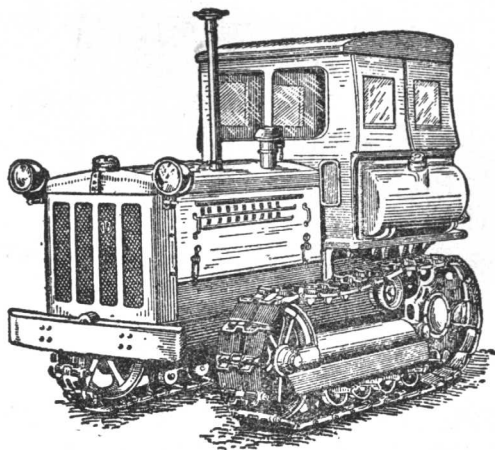


图6 《基洛維茨 ДТ-35》型拖拉机

我国柴油机结构的全面发展正在高速地进行着。由于贯彻党和政府优先发展重工业路线的结果，才有可能利用柴油机器及其他最新的技术

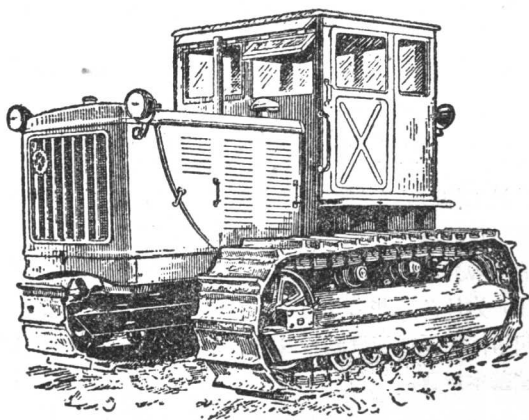


图7 《斯大林涅茨-80》拖拉机

成就来装备国民经济及充实国防力量。

《在发展重工业方面，我們过去一贯遵循、而且今后仍将遵循着偉大的列宁和列宁事业的忠实繼承者約·維·斯大林的指示。党在和階級敌人以及他們的走狗进行尖銳的斗争中捍卫了优先发展重工业的路綫，这个路綫已为我国社会主义建設的整个过程証明是正确的。这个路綫是符合苏維埃国家和我国人民根本利益的。

因此，政府在經濟方面今后仍要坚决实行共产党規定的尽力发展重工业的总路綫》。（摘自苏联部長會議主席H·A·布尔加宁同志在苏联第四届最高苏維埃第二次大会上的发言，1955年2月9日）。

本書的目的在于介紹柴油机的結構、工作和运用等方面的基本概念。

本書是供汽車和拖拉机駕駛員用的，并認為讀者已經知道汽化器式发动机的結構了。因此，本書只說明柴油机結構和工作的基本要点。为了便于讀者掌握柴油机的資料、結構和工作等等問題，將其与讀者已知的汽化器式发动机的結構和工作相比較。

叙述柴油机和它某些機構的結構和工作时，将要談到各种物理現象和热現象，考虑到讀者可能不知道这些現象及其所遵循的規律，在本書的第一部分就介紹力学和热力学的基本知識。

物理学中的某些概念

当內燃机工作时，在气缸中发生各种现象，伴随着这些现象，充满在气缸中的气体的温度和压力发生变化，并产生力，作用在发动机零件上。为了清楚地介绍发动机的工作过程是如何进行，气缸中气体压力又是如何变化，为什么有些力是有益而促使汽车运动，而另外一些力是有害而会引起零件磨损或使发动机发生振动，那就必须要知道力学和热力学上的一些基本规律。

力学中的基本概念和规律

力学——是物理学的一部分，它研究物体的运动和力。

运动 物体的运动是多种多样的。当物体运动时，连接物体內任何两点间的直线与其自身平行地移动着，这样的运动称为**平移**。假如物体上所有的点都依着直线运动，那末这种运动称为**直线运动**。活塞在气缸中的运动是**往复运动**。物体绕着本身轴线的运动（飞轮、发动机的曲轴）称为**旋转运动**。技术上还常常遇到**振动**，例如摆锤的运动即属于这种性质的运动。有时物体同时完成几种不同的运动。例如连杆绕活塞销作振动，它的小头和活塞一起作往复运动，而大头同曲轴的轴颈一起作旋转运动。

速度和加速度 物体所通过的路程可用长度单位来度量。物体通过同一路程所需的时间可能不同。这决定于物体的速度。速度是用单位时间内运动物体所通过的距离来度量的。

物体速度保持不变的运动称为**等速运动**。速度改变的运动则称**变速运动**。变速运动可能是加速运动或是减速运动。每秒钟內所增加的速度称为**加速度**。

旋转速度取决于每分钟或每秒钟內的轉数。旋转物体上任何点的运动速度称为**圆周速度**。当轉速一定时，距离旋转轴愈远的点，则它的

圓周速度也愈大。

力 物体的速度或形狀改变时，物体間的彼此作用称为力。力具有一定的大小和方向。它們在图中以箭头（矢量）形式来表示。以一定比例尺所表示的箭头長度代表力的大小，而箭头的指向即指出力的作用方向。

常常在一个物体上同时作用着若干个力。在这种情况下，物体或是发生平移（例如双发动机的飞机，两个发动机的力同时作用在飞机上）或是发生旋轉（例如汽車駕駛員的兩手作用在轉向盤上）。可以找出一个力，它对物体所产生的作用如同若干个力的作用一样，这样的力便称为合力。

如果若干个力作用在一直綫上，并且它們的指向相同，那末合力就等于它們的总和，方向也相同。二个同向平行力的合力，大小等于二力之和，并作用在二力之間，它的作用点把二力之間的距离分成兩段，各与力的大小成反比。大小相等方向相反而且彼此平行的二力，称为力偶。力偶沒有合力，它使物体发生旋轉（图 8）。二力作用的方向成一角度时，則合力的大小等于上述二力所形成的平行四边形的对綫，方向如图 9 所示。

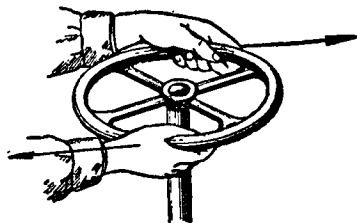


图 8 力偶

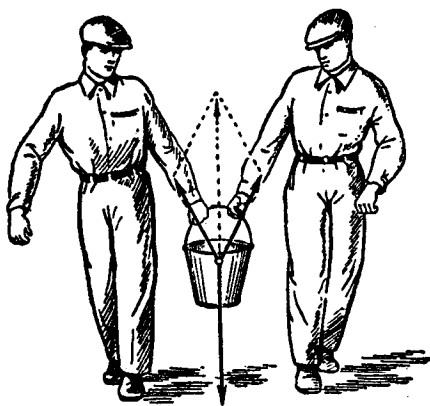


图 9 力的合成。方向彼此成一角度的二力的合力。

实际上，时常遇到与上述相反的现象——力的分解。力的分解就是将作

用于物体上的力分解为平行的或彼此成一角度的两个力或若干个力。分力间具有夹角时，力的分解如力的合成一样，可以按平行四边形规则来进行。合力是平行四边形的对角线，分力是平行四边形的边。

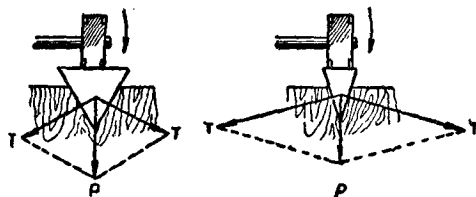


图 10 力的分解

平行四边形的对角线。楔的两侧所受的挤压力和楔的夹角有关，可能比锤击楔的力 P 还大若干倍。

作用于曲柄连杆机构上的力可作为另一例子（图 11）。当连杆处于倾斜位置时，作用于活塞上的气体压力 P 可以分解成二力。其中一力 P_m 沿着连杆方向并传给曲轴。另一个力 P_H 垂直作用于气缸壁上。这样，力 P_m 是有用的，因为它促使曲轴旋转；而力 P_H 是有害的，因为它引起活塞和气缸壁间的摩擦，并使它们磨损。

力对于物体的作用不仅决定于它的大小和方向，同时也决定于作用点。如果在能绕静止轴旋转的物体上，在距轴的某处加力，那末物体将发生旋转。自旋转轴到力的作用线之间的垂直距离称为力臂。力与力臂的乘积称为力矩。使物体发生旋转的力矩称为旋转力矩或扭矩。

作用于某物体上的力以及它的力臂越大，则扭矩也越大。

如果力的作用点沿着力的作用线的方向，移到物体上的任意点，则力对物体的作用仍保持不变。例如，将力 P_m 作用于连杆大头或是小头上可认为是一样的。作用于连杆大头上的力 P_m ，

力的分解例子表示在图 10 上。锤子以 P 力击楔。楔的两边压挤木头（力 T ），并且力图将木头挤开。力 T 和楔的一边相垂直，构成平行四边形的边。力 P 则是

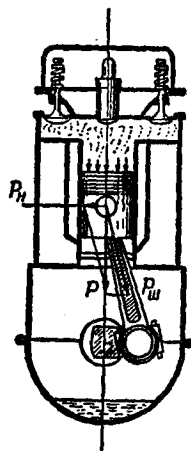


图 11 作用在活塞上气体压力的分解

也就是作用于与連杆相連的曲軸軸頸上的力，它产生扭矩，使曲軸旋轉（图12）。

慣性 由日常經驗可知，靜止的物体如无外力作用是不会开始运动的。必須有力作用在物体上，才能使物体运动。也只有在外力的作用下，才能使运动物体停止或改变运动方向。物体保持靜止或等速直綫运动状态的性質称为慣性。

如果在物体上作用着沒有平衡的力，那末物体將作加速运动。不平衡的力越大、物体質量①越小，則在力的作用下，所获得的加速度也越大。加速度的方向和作用力的方向一致。

作圓周运动的物体也服从这个規律。在每一瞬時內，物体力图作直綫运动，也即是沿着圓周的切綫方向运动。由于物体是沿着圓周运动，因而它不断地改变运动的方向，从这一事实可以得出这样的結論，即一定有某种力作用于物体上。

这个力确实存在，并称为向心力。由于慣性，物体力求作直綫运动这一事实表现在作圓周运动的物体，对促使它不走直綫路程的另一物体，作用着若干的力。这种力称为离心力。例如，离心力 P_{H} （图12）作用在曲軸平衡块上或飞輪的輪輻上，又例如离心力將系有作圓周运动的石块的繩子拉紧等等。作圓周运动物体的質量越大，則离心力也愈大。

振動 技术上經常遇到彈性体受力的現象。在这种情况下，彈性体会发生振動。如果力在短时期作用于彈性体上之后移去，那末，彈性体便发生振動，这种振動称为自由振動。自由振動受到摩擦力和其他阻力的影响，漸漸减弱直到停止。如果周期性变化的外力作用在彈性体上，那末这时引起的振動叫强迫振動。例如在一端固定的跳板上（木板），跳跃的游泳者自跳板跳入水中后，木板就作自由振動，这个振動將逐漸

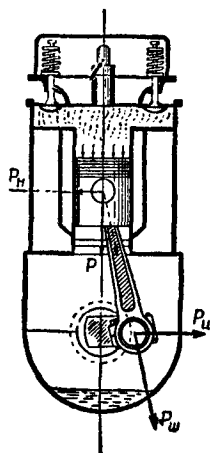


图12 作用在曲軸連杆軸頸上的力

① 構成物体的物質数量，称为物体的質量。

停止。如果游泳者不从跳板上跳入水中，而在跳板的自由端多次地跳跃，那末木板将作强迫振动。

振动的特征可用周期和频率来表明。例如摆从一极端位置到另一极端位置，又重新回到原来位置，所经过的时间间隔称为**振动周期**。一秒鐘内摆所作的完全振动的次数称为**振动频率**。摆从平衡位置到最大偏离位置之间的距离称为**振动振幅**。

由观察可知，振动的周期既不决定于摆的质量，也不决定于振幅，而取决于摆的长度和促使物体振动的力。

每个弹性零件具有完全确定的振动周期，所以振动频率也可完全确定。弹性零件所固有的频率称为**固有振动频率**。

强迫振动频率尚须取决于作用在弹性体上的外力，及外力变化的规律。

如果强迫振动频率和自由振动频率相合，那时振幅能增至很大的数值。自由振动频率和强迫振动频率重合就称为**共振**。当机器，包括柴油机在内，工作时产生共振是非常有害的，并在大多数的情况下能使柴油机的零件损坏。

功 如果力将物体移动，那就是说力作了功。移动物体的力愈大和沿着力的作用方向上物体所通过的路程愈长，则功也愈大。功的单位是公斤公尺，即是力的单位和长度单位的乘积。1公斤公尺等于将一公斤重物升高1公尺所作的功。

具有重大意义的不仅仅是某机器能作出多少功，而且还有在多少时间内完成了这些功。单位时间所作的功，也就是作功的速率称为**功率**。功率的单位为公斤公尺/秒。为了计量机器的功率，应用较大的单位——**马力**。1马力等于1秒鐘内完成75公斤公尺的功。

能 物体作功的能力称为能。能分为二种：**势能**（或位能）和**动能**（或运动能）。

物体从地面上被提升之后，所具有的能量可作为势能的例子。物体落下时，它将作出功。受压缩的弹簧也具有势能，因为放松时，它也会作出功。

物体的运动能、热能和辐射能都可作为动能的例子。

能和功用相同的單位來計量。

一種形式的能可以轉化為另一種形式的能。自然界中能量是不生不滅的。它只能從一物體傳給另一物體，或是改變能的形式。技術上廣泛地應用着從某種形式到另一種形式的能量轉變。將各種形式的能轉變為機械能，這種情況特別多。將某種形式的能轉變為機械能的機器稱為發動機。把熱能轉變為機械能的機器稱為熱機。內燃機是熱機之一，而柴油機又是內燃機的一種。

熱工學的基本概念及其規律

所有內燃機的工作，都是基於某種燃料（例如，柴油、汽油）燃燒時氣體的膨脹。

氣體的狀態可以用體積、壓力和溫度來表示。氣體是自然物體的一種，它既沒有一定的形狀，也沒有一定的體積。它具有盛裝它的容器的形狀，並且容易壓縮和膨脹。

壓力 氣體壓在容器單位面積上的力稱為氣體的壓力。零度時，地面（海平面）的每一平方公分上的標準大氣壓力或空氣壓力，等於 760 公厘高的水銀柱的壓力或 1.033 公斤/公分²。

工程上，為了計量壓力而採用了工程氣壓，它等於 1 公斤/公分²（10000 公厘高水柱的壓力）。超過大氣壓的壓力稱為超壓并用壓力表來測量。低於大氣壓的壓力稱為真空，并用真空表測量之。

氣體的壓力是均勻地向四面八方傳送的。例如，用活塞壓縮氣缸中的氣體，那末，在氣缸壁、它的頂部及活塞的每一平方公分上，氣體將對它們作用着相等的力。

溫度 物體受熱的程度稱為溫度。溫度可用百分度的溫度計^①或絕對溫度計計量之。前一種情況是：在大氣壓之下，其零度相當於水的冰點，而 100 度相當於水的沸點。絕對溫度計的零度在百分度溫度計零度之下 273 度。

熱值 熱量是用卡來計量的。使一公斤水升高 1°C 所必需的熱量稱

① 百分度溫度計即攝氏溫度計——譯者注。