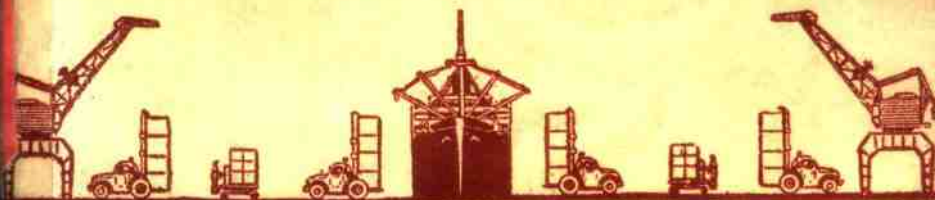


港口机械初級教材

內 燃 机

港口教材編写組 編

人 民 交 通 出 版 社



編 者 的 話

为了适应职工教育的发展，滿足广大职工进一步掌握科学技术的迫切要求，交通部前海河总局委託以上海港务局为主，重庆、武汉、湛江、广州、天津、南京、青島、大連、宜昌、秦皇島等十个港务局派人参加，組成港口教材編写組，編写了这套港口机械初級教材。

本教材共分为蒸汽机、內燃机及电工三部分。第一部分計一册，內容包括鍋炉、蒸汽发动机；第二部分共四册，計內燃机、牽引車、装卸机及流动式起重机；第三部分共六册，計有电工基本知識、蓄電池、電池搬运車、鏈帶运输机械、电絞車、門式起重机。另有一册起重属具，共計十二册。

本教材編写力求通俗，并附有一定数量的插图，以便讀者容易理解。凡是有高小毕业或初中文化水平的同志均可閱讀。对于从事港口机械工作而需要系統学习的同志們，因具有一定的感性知識及工作經驗，讀起来更为方便。这套教材除作为技工訓練班的教材外，还可供自学参考之用。

由于参加編写的同志缺乏經驗，在編排結構及內容上可能尚有不少缺点。希望广大讀者提出意見，以便进一步修訂。

港口教材編写組

目 录

前言	5
第一篇 內燃机的基本知識	7
第一章 概述	7
第一节 什么叫內燃机	7
第二节 內燃机簡史	7
第三节 內燃机的应用	8
第二章 燃燒和燃料	9
第一节 燃燒的原理	9
第二节 燃料的来源	11
第三章 內燃机的工作原理	12
第一节 热能轉变成动能	12
第二节 內燃机的基本构造	14
第三节 內燃机的工作情形	17
第四节 多汽缸发动机的发火次序	25
第二篇 汽油发动机	30
第四章 曲軸連杆机构	30
第一节 曲軸連杆机构的功用	30
第二节 曲軸連杆机构的組成 部分	31
第三节 曲軸連杆机构的工作情形	39
第四节 軸承	39
第五节 曲軸箱通风设备	41
第六节 曲軸連杆机构的保养及其故障	41
第五章 气体分配机构	45

第一节	气体分配机构的功用	45
第二节	气体分配机构的组成部分	45
第三节	气門和凸輪軸的工作配合	49
第四节	气門杆与导管的間隙	50
第五节	气門間隙	50
第六节	四行程发动机气門开闭的实际工作情形	51
第七节	气体分配机构的主要故障	54
第六章	燃料系	57
第一节	燃料系的简单工作情形	58
第二节	汽油泵	59
第三节	汽化器	60
第四节	汽油滤清器	71
第五节	空气滤清器	71
第六节	进、排气歧管与减声器	72
第七节	燃料系的保养	73
第七章	冷却系	82
第一节	发动机为什么要冷却	82
第二节	冷却的方法	82
第三节	水泵、水箱与风扇	84
第四节	水温的調节	85
第五节	冷却系的保养	86
第八章	潤滑系	90
第一节	什么叫潤滑	90
第二节	发动机为什么要潤滑	91
第三节	机油的粘度及其检查	92
第四节	发动机的潤滑方法	93
第五节	潤滑系的工作情形	94
第六节	控制机油的设备	97
第七节	潤滑系的保养	98
第九章	电气部分	99

第一节	磁与电的基本知识	99
第二节	电源	107
第三节	点火系	120
第四节	起动机	132
第五节	电气设备的保养及其故障	137
附录一	格斯51汽车电气设备线路图	146
附录二	发动机燃料系、点火系综合故障的排除	148
附录三	发动机其他常见的故障及其判断	150
第三篇 柴油发动机		156
第十章	概述	156
第十一章	亚斯204柴油机的特点	157
第一节	亚斯204发动机的基本结构	157
第二节	亚斯204发动机的工作简况	160
第十二章	燃烧室及进气系统	163
第一节	燃烧室	163
第二节	进气系统	167
第十三章	供油系	173
第一节	供油方式	173
第二节	亚斯204发动机供油系的组成部分	176
第三节	喷油泵与喷油器分开的供油设备	184
第四节	调速器	189
第十四章	润滑与冷却	195
第一节	构造概述	195
第二节	机油和冷却水的热量交换器	195
第十五章	起动设备	198
附录:	柴油机的主要故障	201

前 言

內燃机在港口机械中的应用是十分广泛的。像牽引車（俗称拖头）、装卸机及流动式起重机等大都是采用內燃机作为动力的。

本書的內容便是講述內燃机的基本构造、原理及主要的保养常識。全書共分三篇：一、內燃机的基本知識；二、汽油发动机；三、柴油发动机。

第一篇內燃机的基本知識中，主要講述有关內燃机的基本构造及工作原理，对于汽油机及柴油机的四行程及二行程工作原理作了較詳細的講述，使讀者在閱讀第二及第三篇前能首先对內燃机有一較清楚的概要認識，为學習汽油机及柴油机的构造及原理打下基础。

第二篇汽油发动机為本書的主要內容。这一篇中簡明通俗地敘述了汽油发动机各組成部分的功用、构造及工作原理，并且还以燃料系及点火系为重点的講述了与駕駛員有关的保养检修知識。对于一般发动机常見的其他故障知識也作了簡要的介绍。本篇对电气设备的敘述只限于与发动机有关的电源（蓄電池及发电机）、点火系及起动机等的知識，对照明及喇叭等設備，因对初学者关系不大，所以都略去不做介绍。在學習本篇时，对于初学原理的讀者來說，应以學習基本原理及保养常識为主；对于已具有一些实际操作體驗的讀者來說，可結合原理部分學習有关故障检修知識。

第三篇柴油发动机是以亞斯204柴油发动机为主进行講述

的，对于一般內燃机的共同点沒有再作叙述，只对柴油机所特殊具备的进气系統、供油系及調速設備等作了系統簡要的說明。为了使讀者对柴油机供油設備能有較完整的了解，对于不同于亞斯204柴油机的一般常用的噴油泵与噴油器分开的供油設備也作了講述。

第一篇 內燃机的基本知識

第一章 概 述

第一节 什么叫內燃机

什么叫內燃机呢？凡是將燃料直接送到汽缸里去燃燒而产生动力的机器，便叫做內燃机（参看图1）。

內燃机是依靠燃料在汽缸里燃燒时所产生的气体压力推动活塞来进行工作的。內燃机不像蒸气机要用鍋爐把水燒成蒸气，再送入气缸中去推动活塞。所以蒸气机，我們又称它为外燃机。

內燃机有利用煤气、汽油或柴油来作燃料的，目前汽油內燃机及柴油內燃机使用得最广泛。

第二节 內燃机簡史

第一台較成功的內燃机是德国人鄂图在1876年制造成功的，它是用可燃气體作为燃料的，这种內燃机很快便被应用到工业中去。以后，又制出了用汽油作燃料的內燃机。于是，装有內燃机的汽車便出現了。

1893年~1897年間，德国人狄塞尔試制了几台用煤油作燃料的压燃式內燃机，但因为构造上有些缺点，沒有被人們广泛使用。1899年，俄国工厂按照狄塞尔提出的原理，成功地制造出

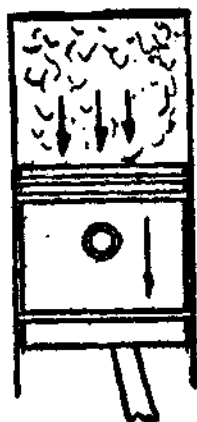


图1 燃料在汽缸中爆炸作用示意图

了利用石油作燃料的压燃机，这样压燃机才被大家所采用。目前的柴油发动机便是从这种压燃式内燃机发展成功的。

第三节 内燃机的应用

目前内燃机的使用十分广泛，像汽车、拖拉机、坦克车都是使用内燃机作为动力的，港口机械中所常见的牵引车，装卸机及起重机，大部份也都是内燃机械。

在飞机上，目前大部分仍采用内燃机作为动力，仅是最近几年来才部份地采用了喷气式发动机来代替活塞式内燃机。现在新式的机车（火车头）及轮船已广泛在利用内燃机代替蒸汽机了。

内燃机为什么被人们这样广泛的应用呢？这是因为它比蒸汽机具有下面的优点：重量轻、体积小、起动容易、加速性能好等。但它也有一些缺点，如：燃料价格贵、构造复杂、使用寿命较短、超载能力小等。但是对流动机械来说，必须具备体积小及重量轻的条件，所以内燃机还是被广泛使用。

现代内燃机的制造技术已达到很高的水平，可以适应各种工作条件的需要。

下面列出现代各类内燃机的主要指标；我们可以看出，内燃机的用途是很大的。

类 别	每 分 鐘 轉 速	馬 力
固 定 式	250~600	20~1000
船 舶 用	90~3000	20~10000
港口机械、汽车、拖拉机用	1000~4000	25~150
航 空 用	1400~3500	40~5000

复 习 题

1. 什么叫内燃机；内燃机与蒸气机的主要区别是怎样的；
2. 内燃机与蒸气机比较有哪些优点及缺点；

第二章 燃烧和燃料

前面谈过：内燃机的动力，是燃料在汽缸中燃烧时产生的。这样我们对于燃烧的道理及有关燃料的基本知识便必须懂得一些。因为，这对于正确的使用内燃机有很大的关系。

第一节 燃烧的原理

一、空气与燃烧的关系

所谓燃烧，实际是一种氧化作用。就是燃料中可以燃烧的物质和氧气发生了化合作用，这种化合作用叫氧化。氧化时能放出热量，同时还发生温度增高及压力增大的现象。

各种燃料用化学方法分析的结果，发现其中所含的能够燃烧的主要成份是“炭”和“氢”两种元素，有时还参杂一点硫质在里面。硫虽然也能起氧化作用，但是它在氧化时对于机件有腐蚀的影响，所以在采用燃料时，应该选择含硫成分极少的。从下面的表中可以看出在汽油及柴油中，大部分是“炭”，含量达到85%，有少量的“氢”，“硫”的含量是极微少的。

燃 料		炭	氢	氧	硫
汽	油	85	14.9	—	0.1
柴	油	85	13	1.7	0.3

在燃燒時，炭及氫和空氣中的氧化合成為炭酸氣及水。

總之，要使燃料發生燃燒現象，必須使它与一定的氧氣起化合作用。氧氣是大量貯藏在空氣中的，所以在汽油或柴油內燃機中都必需有完善的設備使氣缸里能獲得一定數量的空氣，過多或過少的空氣都能使內燃機不能平穩地工作。對於燃料中所含的“炭”和“氫”能夠和“氧”充分的化合後所產生的燃燒現象，叫做完全燃燒；反過來說，如果燃料中可以燃燒的物質，只燃燒了一部分，便叫做不完全燃燒。我們有時看見發動機的排氣管冒出很濃的黑煙，那便是燃料燃燒不完全的現象。燃料燃燒不完全時發出的熱量少，並使燃料造成很大損失，操縱內燃機的人員，對這點必須十分注意。

二、燃燒點和自燃點

燃料能夠燃燒，除去必須和氧氣接觸外，還和溫度有關係，不達到一定的溫度，就是供給足量的空氣也是不能燃燒的，達到能夠發火燃燒的溫度時，燃料中的可以燃燒的物質才能與氧氣充分化合。

燃料發火的方法有兩種。一種是用火焰或火花和燃料接觸點火使它燃燒，這種能使燃料發火的溫度稱為燃燒點；另一種發火方法是不用外來點火，而用壓縮方法使燃料本身積蓄熱量，增高溫度而自動發火，這種能自行發火的溫度叫做自燃點。

汽油的自燃點約在 415°C 左右，而它的燃燒點卻為零下 6°C 至 12°C 。柴油的自燃點比汽油低，約在 300°C 左右，燃燒點比汽油高，約在 100°C 左右。由此可知汽油容易着火，易生危險，貯藏及搬運時應該十分小心。柴油則較為安全。我們在駕駛汽油機車輛時，有時关了電門，發動機仍然在高速度的運轉（俗稱飛車），這便是因為氣缸內溫度过高及汽油過多，汽

油发生自燃现象而造成。这种现象若不立即设法停止是十分危险的。

燃料燃烧时放出热量，这种热量的单位用“卡”来表示，每公斤汽油的热值为10700仟卡，柴油要稍低些约为10500仟卡。

燃料燃烧时的速度很快，在气缸内从开始燃烧到全部燃烧，时间约在 $1/200$ 秒到 $1/300$ 秒之间，真正只是一刹那的时间。

第二节 燃料的来源

汽油与柴油主要都是从石油中提炼出来的。石油的成份很复杂，有一部分杂质必须清除掉。清除的方法便是提炼。将石油加热到 200°C 时，首先可以蒸发出汽油。在 $280^{\circ}\text{C}\sim 360^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内可以提炼出柴油(参看图2)。我国甘肃的玉门及青海的柴达木盆地，新疆的克拉玛依等处蕴藏着大量丰富的石油，现在已建立了规模巨大的石油工业，在大量开采提炼汽油和柴

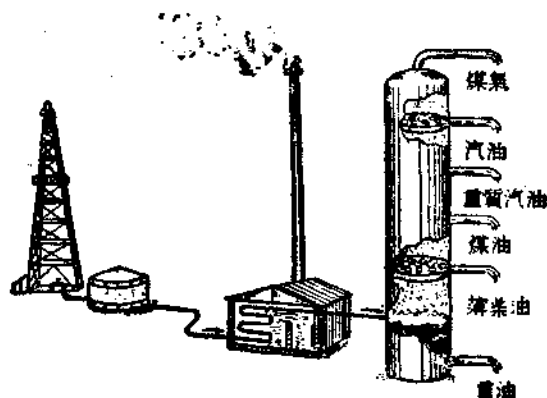


图2 石油分馏提炼示意图

油。

另外汽油和柴油还可以从一种頁岩油矿中提炼出来，我国东北的撫順便出产从这种油矿中提炼出来的汽油及柴油。

由于我国社会主义建設飞跃地发展，在工农业及交通运输业方面需要的汽油与柴油数量很大，我們經常把汽油及柴油譬作“工业的血液”，因此我們在使用內燃机时，必須十分注意节约油料，不使它有任何浪費的現象。

汽油为內燃机的重要燃料，柴油的应用范围也日益广泛，柴油的价值比汽油便宜，但它的热值并不比汽油低多少。柴油的自燃点比汽油低，可以用在高轉速的柴油机中。

复 习 題

1. 什么叫燃烧？燃烧能产生哪些現象？
2. 燃料中所含的主要成份是什么？
3. 燃料要怎样才能燃烧？
4. 什么叫完全燃烧及不完全燃烧？你平时在操縱机械时注意过这两种現象嗎？
5. 什么叫燃烧点及自燃点？汽油及柴油的燃烧点及自燃点各是多少？
6. 汽油与柴油的来源是怎样的？为什么我們必須十分注意节约使用燃料？

第三章 內燃机的工作原理

第一节 热能轉变成动能

我們知道內燃机是一种将燃料直接在气缸內燃烧产生动力推动活塞工作的机器。現在我們也可以这样說：內燃机就是将燃料放在气缸中燃烧，使燃料中貯着的热能，直接轉化变为动

能的一种动力机器。

讓我們先說明什么叫“热能”及“动能”。

什么叫“能”。“能”就是能量的意思。例如流动着的河水或瀑布便有能量，因为它冲击在水磨的輪子上，能够使它轉动。“热能”和“光能”、“电能”、“动能”一样，都是“能”。此外，这些“能”互相之間还可以轉換例如轉动一只发电机，就能发出电。这是把拖动发电机的动能通过发电机变成了电能。又如开了电灯，就可发光，这是电能通过灯泡变成了光能。开了电爐，电能又变成了热能。所以只要有一套轉变的机构，就能进行能的轉換。

热是貯藏在物体里的。內燃机里的热能是貯藏在燃烧后的废气里的，空气和燃料燃烧之后，燃料和空气都沒有了，剩下的是飽含热量的废气，于是热量就使得废气进行工作。废气受了热，体积便要膨胀，溫度就要升高，气体运动的速度就要增加，向四面冲击的力量也就增加。換句話說，它的压力就要增加，如果把它关在汽缸里（參看图1），它的压力就要把活塞向下推。活塞一动，就产生了动能，这种动能就能做工作，这时气体的压力降低了，溫度也降低了，于是燃料經燃烧后产生的热能就靠着气体体积的变化、压力的变化、溫度的变化而变成了动能。以上所說的便是热能轉变成动能的情形。

反过来看，活塞如果用外力向上压回来，把气体压缩了，那么气体的溫度就会增加，压力也隨着增加，汽体又回复到原来的溫度和压力情况。因此，內燃机在工作时，汽缸內热能与动能之間是在不断相互轉換着的。

气体受了热，在汽缸里把热能变成动能时，并不是乱来了。体积、压力和溫度三者之間存着互相密切影响的关系，一般來說，汽缸的压力和溫度不正常，发动机便不能正常工作或不

能发出应有的功率来的。

第二节 內燃机的基本构造

一、基本构造

內燃机的构造相当复杂，为了在讲述工作原理时方便起见，我們用一个单气缸的汽油內燃机来作簡要的說明（参看圖3）：

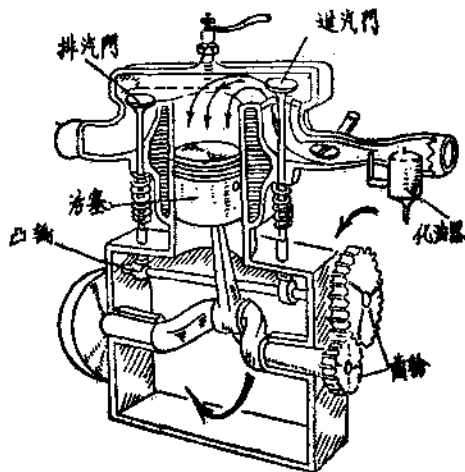


圖3 单汽缸汽油机构造簡图

（一）发动机体：就是內燃机的主体。它由汽缸盖及汽缸体組成，汽缸体里面有汽缸。汽缸体下面还有一个曲軸箱和它連結在一起。所有为內燃机进行工作的机件或結構都裝置在发动机体的外部及內部。

（二）曲軸連杆机构：这个机构主要由活塞、連杆及曲軸組成，我們在单汽缸发动机的下部的曲軸箱中看見有一根帶有

曲臂的曲軸，曲軸的彎曲部分套着連杆，連杆的另一端則用一根圓的活塞銷裝在環形的活塞上，活塞放在圓筒形的汽缸中，並且可以在其中上下運動。

當活塞受到外力的作用而往下運動時，它就壓着連杆，並且通過連杆壓迫曲軸的曲臂，使得整個曲軸旋轉起來，如果相反的用外力旋轉曲軸，則通過連杆可以推動活塞上下運動。由此可知：曲軸連杆機構的作用是把直線往復運動變為旋轉運動或把旋轉運動變為直線往復運動。

(三) 氣體分配機構：這個機構主要由氣門、凸輪軸及進排氣管組成。在單氣缸發動機的上部可以看見有兩個氣門，右面是進氣門，左面是排氣門，氣門有一細長的杆部，上面有着螺旋彈簧。氣門杆的末端通過挺杆和凸輪軸上的凸輪抵住。氣門在彈簧的作用下平時是關緊的，只有當凸輪的突起部分頂起挺杆時它才被打開。凸輪軸用一對齒輪和曲軸相連，當曲軸旋轉時，凸輪軸也跟着旋轉，並在適當的時候打開進氣門和排氣門使氣體進出。所以說，氣體分配機構的作用是按照氣缸的工作需要在恰當的時間正確地開閉進氣門和排氣門。

此外，在單氣缸發動機的右邊有一個汽化器，它的功用是使燃料與空氣混合成適合燃燒的混合氣體以便進入氣缸進行燃燒，這種可以燃燒的混合氣體，稱為“可燃混合氣”。在氣缸頂上有火花塞，它的功用是產生火花來點燃氣缸中的混合氣。

發動機上還有担负潤滑及冷卻的設備，這些在後面第二篇中將作詳細的講述，這裡先不介紹了。

柴油機與汽油機的構造是大同小異的。主要的不同之處是柴油機的气缸頂部裝有噴射柴油的設備，這種設備將柴油壓成霧狀噴入氣缸與經過壓縮的高溫空氣接觸而自行燃燒。柴油機沒有點火的設備（參看圖4）。

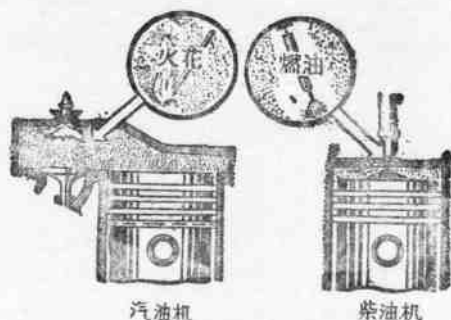


图4 柴油机与汽油机不同点火方法示意图

二、名词解释：为了便于懂得内燃机的工作情形，下面的几个名词必须了解（参看图5）。

（一）上止点及下止点：

当曲轴的曲臂旋转到垂直向上的位置时，活塞运动到了最高位置，这位置称为上止点；当曲臂旋转到垂直向下的位置时，活塞运动到最低位置，这位置称为下止点。上止点、下止点又称上死点、下死点。

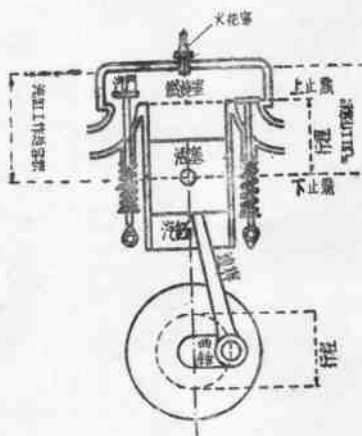


图5 名词解释示意图

（二）活塞行程（或称活塞冲程）：上止点与下止点之间的距离称为活塞行程，可以看出行程的大小是曲臂长度的两倍。

（三）气缸工作容积：上止点与下止点之间气缸的容积称为气缸工作容积。