

高等学校试用教材

机电基础
工程机械基本知识

(公路与桥隧专业用)

西安公路学院 倪寿璋编

人民交通出版社

高等学校试用教材

机电基础
工程机械基本知识

(公路与桥隧专业用)

西安公路学院 倪寿璋编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要阐述工程机械的一般知识,如动力装置、操纵控制系统、行走装置及其传动机构等的基本组成部分及其工作原理。对各种土石方机械、压实机械、路面铺筑机械、桥梁工程机械、隧道工程机械与设备的工作过程和应用范围,以及国外工程机械的发展情况,进行了比较系统的介绍。

本书是高等学校公路与桥隧专业《机电基础》课程中的《工程机械基本知识》部分的通用教材,也可供其它类似专业以及从事基建工程施工的人员学习和参考。

本书由同济大学章成器主审。参加审阅工作的还有:南京工学院曹侃,北京工业大学李建志,北京建筑工程学院王志福,东北林学院金光裕,同济大学周国瑾。

高等学校试用教材

机电基础

工程机械基本知识

(公路与桥隧专业用)

西安公路学院 倪寿璋编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 12.25 字数: 293 千

1980年7月 第1版

1980年7月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,400册 定价: 1.30元

前 言

本书是按照1978年8月全国公路、桥梁与隧道两专业教材会议所制定的统一教学大纲编写的，内容包括两个专业所用的主要工程机械。本书作为该两专业《机电基础》课程中的《工程机械基本知识》部分的通用教材。全部内容的讲授时数为60学时，其中有两个专业的通用部分，也有各自的专用部分，不同学校的不同专业可根据各自规定的教学时数，选用各自所需的内容来讲授。

考虑到土建类专业的学生对机械图的识图能力不足，本书尽量采用简图来说明各机及其主要组成部分的工作原理，同时也介绍了各机的应用常识，作为施工课程的参考。

目 录

第一章 工程机械的一般知识	1
§1-1 工程机械的动力装置	1
一、动力装置的种类及其应用范围	1
二、内燃机	1
三、空气压缩机	16
§1-2 工程机械的传动机构	21
一、概述	21
二、各种传动的组成部分及其工作原理	22
三、轴、轴承与联轴器	42
§1-3 工程机械的控制系统	51
一、机械式操纵机构	51
二、液压式操纵机构	55
三、气压式操纵机构	59
§1-4 工程机械的行驶装置及其传动机构	61
一、轮胎式行驶装置及其传动机构	61
二、履带式行驶装置及其传动机构	64
三、两种行驶装置的比较	66
§1-5 工程机械的使用常识	67
一、使用过程中技术状况变坏的原因及其后果	67
二、机械的技术保养	69
第二章 土方工程机械	71
§2-1 推土机	71
一、概述	71
二、推土机的组成部分及其工作原理	73
三、推土机的应用	77
四、推土机的发展方向和国外推土机情况简介	78
§2-2 铲运机	80
一、概述	80
二、铲运机的组成部分及其工作原理	83
三、铲运机的应用	84
四、铲运机的发展方向及国外铲运机的情况简介	86
§2-3 挖掘机	88
一、概述	88
二、单斗挖掘机的组成, 带各种工作装置的单斗挖掘机的工作过程及其应用范围	89
三、单斗挖掘机的应用	96
四、国外单斗挖掘机的发展动向和情况简介	98

§2-4 平地机	98
一、概述	98
二、平地机的总体构造和工作原理	100
三、平地机的应用	101
四、平地机的发展及国外平地机简况	104
第三章 石方工程机械	105
§3-1 凿岩机	105
一、概述	105
二、风动凿岩机	108
三、内燃凿岩机	112
四、电动凿岩机	115
§3-2 破碎-筛分设备	116
一、破碎机	116
二、筛分设备	120
三、破碎-筛分联合设备的组成及其工艺过程	122
第四章 压实机械	123
§4-1 凸爪式碾压机	123
一、拖式凸爪碾	123
二、自行式凸爪压路机	124
三、凸爪式碾压机的生产率计算	125
§4-2 静力式光面压路机	125
一、概述	125
二、光面压路机的组成部分及其传动图	125
三、光面压路机的应用	127
§4-3 轮胎式压路机	128
一、概述	128
二、轮胎式压路机的构造概况及工作特点	128
三、国外轮胎压路机简介	129
§4-4 振动压路机	130
一、概述	130
二、振动压路机的构造概况	130
三、国外振动压路机情况简介	132
第五章 路面铺筑机械	133
§5-1 加固土路面用的机械	133
一、松土机	133
二、路拌机械	133
三、一次通过的路拌联合装置	135
§5-2 黑色路面铺筑机械	135
一、沥青洒布车	135
二、沥青混凝土摊铺机	138
三、石屑撒布机	144
§5-3 水泥混凝土摊铺机及附属设备	144
一、轨模式水泥混凝土摊铺机和整面机	145

二、滑模式水泥混凝土摊铺机及其全套设备	147
三、水泥混凝土用的振捣器及其它附属设备	147
第六章 混合料的拌制及其输送设备	149
§6-1 概述	149
§6-2 水泥混凝土拌合机和混凝土泵	150
一、水泥混凝土拌合机	150
二、混凝土泵	153
§6-3 灰浆拌合机和灰浆泵	154
一、灰浆拌合机	154
二、灰浆泵	155
§6-4 沥青混凝土拌合机	156
一、概述	156
二、沥青混凝土拌合机的组成部分及其工作原理	158
第七章 桥梁工程机械	163
§7-1 桩工机械	163
一、打桩机械与设备	163
二、灌注桩钻孔机	168
§7-2 排水机械	171
一、概述	171
二、单级单吸式离心泵的组成部分及其工作原理	172
三、离心泵的使用常识	172
§7-3 起重机械与设备	173
一、概述	173
二、起重零件	174
三、简单起重设备	178
四、桅杆式起重机	182
五、缆索式起重机	183
六、自行式回转起重机	184
七、起重机安全使用中的有关问题	185
第八章 隧道工程机械与设备	187
§8-1 概述	187
§8-2 隧道的全断面开挖连续掘进机械与设备	187

第一章 工程机械的一般知识

§1-1 工程机械的动力装置

一、动力装置的种类及其应用范围

动力装置是驱动各类工程机械进行工作的原动机，有直接驱动的，有间接驱动的。目前在工程机械上所采用的动力装置有：蒸汽机，内燃机，电动机和空气压缩机等。

蒸汽机是最古老的动力机械。它是一种热力机械，利用廉价的煤作燃料，把水烧成蒸汽；再由蒸汽作为热介质去推动活塞在气缸内作往复运动，然后又通过一种曲柄—连杆机构把往复运动转变为旋转运动而输出动力。工程机械上所用的蒸汽机实际上是由蒸汽锅炉和活塞式蒸汽机两部分组成。由于它所用的热介质（水蒸汽）是由燃料在机器的外部燃烧后所得，所以也可称为外燃机。

蒸汽机的构造比较简单，工作可靠，耐久性好，又可利用廉价的燃料，所以在早期生产的一些工程机械上，例如压路机、挖掘机、起重机等都曾采用过。但由于它必须配备蒸汽锅炉，使得整套设备变得复杂、笨重，而且耗于锅炉生火等辅助时间和人力都较大，费时费工，总效率低，所以自内燃机大量生产以来工程机械上的蒸汽动力装置大多已被内燃机所取代。目前在国内只有很少数地区仍在使用很早以前生产的蒸汽压路机（以蒸汽机为动力）。

内燃机也是一种将热能转变为机械能的热力发动机，不过内燃机所需的热能是利用液体燃料（汽油和柴油）或气体燃料（煤气）在机器内部直接燃烧所得。这样，它既轻便，又发动容易，效率高。所以，目前在无电源供应的工程上大多采用内燃机作为工程机械的原动机。它既可直接驱动各种机械与设备，又可拖动其它机械制造另外的能源，再由此能源去直接驱动机械与设备。例如，内燃机可拖动发电机发电，然后再通过各个电动机去分别驱动机械的各个机构；又如，还可利用内燃机拖动气泵（空气压缩机）或油泵，以制备压缩空气或高压油，去驱动各种气动机具或油压设备。

电动机是将电能转换成机械能的电力发动机，它在工程机械上应用甚广。由于它比较经济，又小而轻，所以凡是有电源地方的固定式设备或移速慢而移距短的工程机械常用电动机作为原动机。它也与内燃机一样，既可作为直接驱动者，又可驱动空气压缩机来制备压缩空气，以驱动各类气动机具。

如上所介绍，空气压缩机是由内燃机或电动机来驱动而进行工作的，但它所制备的压缩空气则又是直接驱动各类气动机具的能源，所以我们把它也列作工程机械的动力装置之一。

二、内 燃 机

内燃机是一种把燃料和空气混合成的可燃混合气在气缸内燃烧所得的热能转变为机械能的热力发动机。由于它的能量转换是通过活塞在气缸内往复运动而实现的，所以这种内燃机也称为往复式活塞式发动机。

目前，内燃机所用的燃料大多是汽油和柴油，因此通常有汽油机与柴油机之分。汽油机所

用的可燃混合气是在气缸外由汽化器混合好，然后被吸入气缸内，借助于另外的点火装置使它点燃，所以在学术上常称它为点燃式发动机。柴油机所用的可燃混合气是直接在水缸内部混合的。空气先被吸入气缸内，当它被活塞压缩到一定的高压、高温后，雾状的柴油立即喷入而与空气急速混合，柴油在高温下自行着火燃烧。所以在学术上称柴油机为压燃式发动机。

以上所述是汽油机和柴油机在工作特征上的两大区别。

1. 内燃机的型式、主要工作机构及工作原理

内燃机的主要工作部分有气缸-活塞组和曲轴-连杆机构。

如图1-1所示，在带有气缸盖的水缸4内装有活塞5，活塞又通过连杆7与下面的曲轴8相连。这样，活塞在水缸内的往复直线运动就可通过连杆驱使曲轴作旋转运动，从而输出动力。在此过程，连杆的一端进行上下直线运动，另一端则作圆周运动，活塞直线往返一次，可使曲轴旋转一圈。

活塞在水缸内处于离曲轴轴心线的最远位置称为上死点，也就是说，活塞此时已向上运动到终点位置，接着就要开始向下运动。活塞在水缸内处于离曲轴轴心线最近位置，称为下死点，也就是说，活塞此时已向下运动到终点位置，接着又要开始向上运动。活塞在水缸内走完上下死点的距离 S 称为一个行程，此时曲轴正好旋转 180° 。活塞在水缸内直线往复运动时，在两个死点上的速度都为零，以后加速运动到行程的中点，其速度达到最大值，过此中点后，活塞减速运动，到达另一死点时其速度又减到零。

内燃机工作时其活塞就是这样在水缸内往复运动着，曲轴则不停地旋转着。

内燃机的工作是由进气、压缩、作功和排气四个过程组成一个工作循环，周而复始地进行着。这四个工作过程可由活塞四个行程来完成（此时每一行程完成一个过程），也可由二个行程来完成，不论汽油机或柴油机都如此。前者称为四行程内燃机，后者称为二行程内燃机。汽油机和柴油机的工作过程基本相似，所不同的是在进气过程汽油机吸入的是可燃混合气，而柴油机所吸入的则是纯空气；在压缩过程快终了时，汽油机依靠点火装置来点燃混合气，而柴油机则依靠压缩空气的高温来使柴油雾点燃。

图1-2及图1-3所示分别为四行程汽油机和四行程柴油机的工作过程。

进气过程（图1-2a和1-3a）

活塞3从上死点向下死点移动，进气门7打开，排气门5仍关闭着。此时由于气缸内的容积逐渐增大，形成一定的真空度，于是在缸内外的气压差作用下，混合气（汽油机）或空

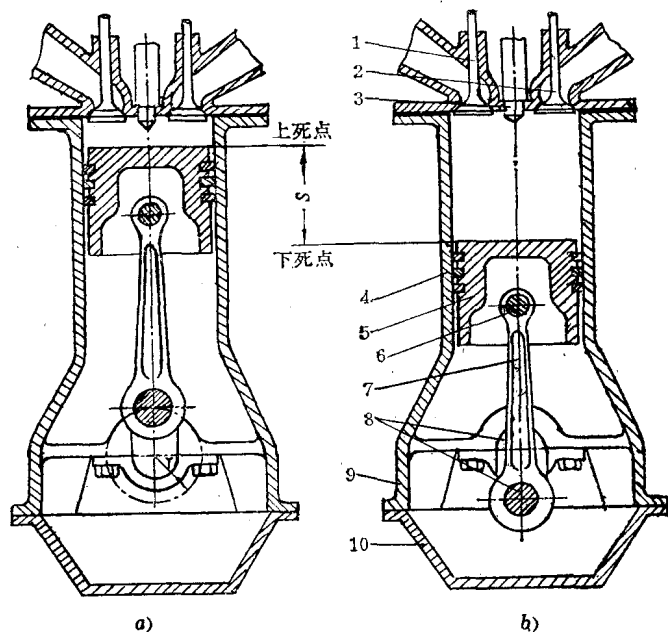


图1-1 单缸四行程柴油机简图

a-活塞位于上死点情况；b-活塞位于下死点情况

1-排气门，2-进气门，3-喷油咀，4-气缸，5-活塞，6-活塞销，7-连杆，8-曲轴，9-上曲轴箱，10-下曲轴箱

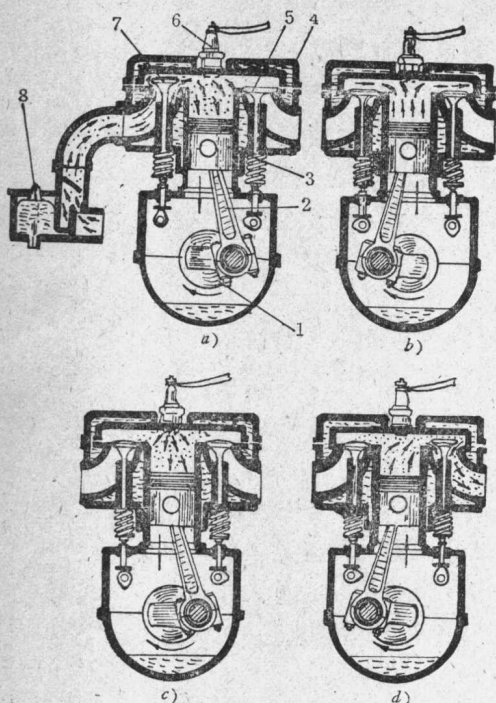


图1-2 四行程汽油机的工作过程
a-进气；b-压缩；c-做功；d-排气
1-曲轴；2-连杆；3-活塞；4-气缸；5-排气门；6-火花塞；7-进气门；8-汽化器

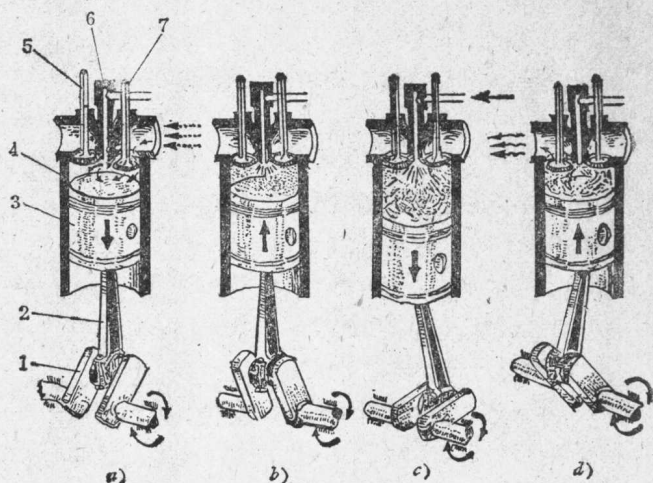


图1-3 四行程柴油机的工作过程
a-进气；b-压缩；c-做功；d-排气
1-曲轴；2-连杆；3-活塞；4-气缸；5-排气门；6-喷油咀；7-进气门

气（柴油机）被吸入缸内。活塞在这一行程完成了吸气过程，此时曲轴旋转 180° 。

由于进气管路的阻力，进入缸内的混合气或空气的压力要比大气压略低，一般当活塞位于下死点时，缸内气压约为 $73\sim 88$ 千帕（ $0.75\sim 0.9$ 公斤/厘米 2 ）。为了使气缸的充气较好，实际上进气门都是提前打开（即活塞在未到上死点之前就先打开）和延迟关闭（即活塞由下死点向上回行一小段距离才关闭）。进气门的提早打开和延迟关闭一般是以曲轴的转角来表示，称为进气提前角和进气延迟角。这两个角的度数根据发动机各自的特点有所不同，一般是进气提前角较小（约 10 多度），进气延迟角较大（约 $30\sim 40^\circ$ ）。

进气由于沿途要遇到热机件以及缸内不可能排尽的原有的热废气，所以其温度比大气温度为高，一般在进气终了时有数十度到一百多度。

压缩过程（图 1-2b 和 1-3b）

活塞由下死点向上死点运动时，进、排气门都关闭着，由于气缸的容积逐渐缩小，缸内的气体就被压缩，压力与温度都随之逐渐升高。当活塞到达接近上死点时，汽油机缸内的混合气已被压缩到压力约为 $784\sim 1372$ 千帕（ $8\sim 14$ 公斤/厘米 2 ），温度达 $300\sim 400^\circ\text{C}$ ；柴油机缸内的空气被压缩到压力达 $3430\sim 4900$ 千帕（ $35\sim 50$ 公斤/厘米 2 ），温度高达 $500\sim 700^\circ\text{C}$ 。在此过程活塞直线运动一个行程，曲轴旋转了第二个 180° 。这里必须指出，汽油机在压缩终了时的压力与温度都较柴油机的低得多。因为它吸入的是可燃混合气，如果被压缩到温度过高，将会引起混合气未及点火就猛烈自燃，产生极大的压力波，冲击着有关零件（会发出金属敲击声），使它们造成严重磨损，甚至损坏，同时还会使功率下降，油耗增加。这种现象通常称为“爆燃”，是很有害的。

作功过程 (图 1-2c 和 1-3c)

当活塞上行到接近上死点, 压缩快终了时, 汽油机就通过火花塞发出火花, 点燃混合气; 柴油机则将柴油成雾状地喷入缸内, 让它们在那里遇着高压高温的空气, 迅速混合而自燃 (柴油的自燃温度约为 $250\sim 330^{\circ}\text{C}$)。混合气在气缸的燃烧室内燃烧后, 就产生大量的热, 使缸中的压力与温度都急剧升高。对汽油机来说, 燃烧后的压力达 $2940\sim 4900$ 千帕 ($30\sim 50$ 公斤/厘米²), 温度达 $2000\sim 2500^{\circ}\text{C}$; 对柴油机来说, 因其压缩终了时的压力较高, 所以燃烧后的压力也较高, 可高达 $5880\sim 8820$ 千帕 ($60\sim 90$ 公斤/厘米²), 温度也高达 2000°C 左右。

在混合气燃烧过程中, 由于进、排气门都是关闭的, 所以燃气就在缸内膨胀, 推着活塞自上死点向下死点运动而作功。随着活塞的向下移动, 气缸的容积增大, 缸内的气体压力与温度都下降。等到活塞快到下死点时 (排气门打开前), 压力降到 $196\sim 490$ 千帕 ($2\sim 5$ 公斤/厘米²), 温度降到 1000°C 以下。这一过程曲轴又转了第三个 180° 。

排气过程 (图 1-2d 和 1-3d)

在作功过程快终了, 活塞接近下死点时, 排气门打开 (进气门仍关闭), 于是在活塞越过下死点而向上返行时, 就把用过的废气排于缸外。由于排气管路的阻力, 此时缸内的压力仍大于大气压 (约为 $102\sim 117$ 千帕, 即 $1.05\sim 1.2$ 公斤/厘米²), 温度约在 $300\sim 800^{\circ}\text{C}$ (排气门附近)。

这里也必须指出, 为了使废气尽可能排净, 也有排气门提前开启角和延迟关闭角。一般是提前角 (四五十度) 较延迟角 (一二十度) 为大。这样, 进气提前角与排气延迟角势必有一部分重叠, 即当活塞在上死点前后将有一瞬间进、排气门是同时开启的。由于进、排气都有一个惯性, 在这一瞬间的进、排气门同时开启, 进气可以帮助把废气排除 (称为扫气), 而不会排于缸外。在这一过程中, 曲轴旋转了第四个 180° 。

由上可知, 四行程内燃机是活塞上下运动了四个行程而曲轴共旋转了 720° , 才完成一个工作循环。在这个循环中, 活塞只有在作功行程是主动作功的, 其余三个行程都是被动的, 它们依靠旋转机件的惯性而运动, 是为了给作功行程做准备而要消耗机械功。所以作功行程除了输出动力外, 还要为其余三个过程提供足够的能量, 使曲轴连续旋转。

内燃机在一个工作循环中各个工作过程的工作情况和所作的功可用压-容 (示功) 图来表明。图 1-4 与图 1-5 所示分别为四行程汽油机与柴油机的示功图。

图中的纵坐标表示气缸内的气压 P , P_0 为大气压; 横坐标表示气缸容积 V , V_a 为气缸总容积, V_b 为气缸的工作容积, V_c 为燃烧室容积 (即活塞在上死点时, 它与气缸、气缸盖三者之间所围成的容积)。

从这二图中都可看出, 当活塞在上死点 a 点时, 由于前一循环遗留了废气, 使燃烧室内的气压 P_a (图中 a 点压力) 稍高于大气压 P_0 。在进气过程中活塞到达下死点 b 点时, 缸内压力 P_b (图中 b 点压力) 始终稍低于大气压, 直到活塞向上行到 c 点进气门关闭时, 吸气才告结束, 转而开始压缩过程。在这里, abc 线段表示吸气过程, 而 bc 则表示进气门迟关区段。

在汽油机中 (见图 1-4), 自 c 点开始压缩到接近上死点的 c' 点时开始对缸内混合气点火。混合气被点燃后, 到 d 点开始燃烧, 压力急剧地直线上升。燃烧延续到活塞下行的 z 点, 压力一直上升到 P_z (图中 z 点压力)。此后燃气就膨胀作功, 推动活塞下行, 缸内压力与温度也随之迅速下降, 直到下死点时压力降到 P_e (图中 e 点压力)。图中的 dZe 线段是燃烧与

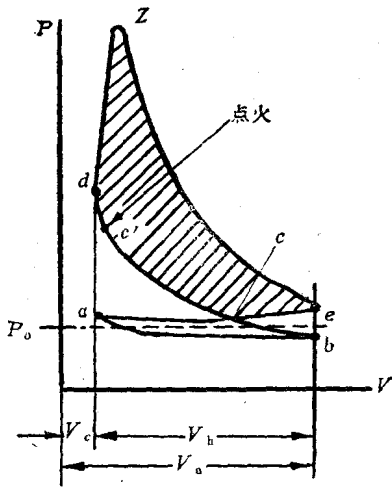


图1-4 四行程汽油机示功图

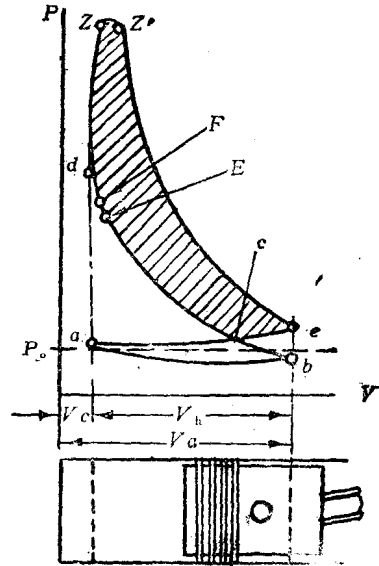


图1-5 四行程柴油机示功图

膨胀做功阶段的压力变化情况。

活塞在到达下死点之前，排气门早已开启而开始排气。活塞从下死点向上行时，继续进行排气，直到上死点，压力降到 P_a ，它仍稍高于大气压。

图中 $cdze$ 曲线所包围的斜影线面积就表示汽油机在一个工作循环中做功的大小，该面积可用求积仪测量出来。在同一发动机上由于供油和载荷的大小不同，所作的功也有所不同，所以所得示功图中的斜影线面积也不同。对于不同的发动机，在相同载荷与供油的情况下，所获得的示功图不同，借此可以比较发动机性能的好坏。

在柴油机的示功图中（图1-5），压缩到 E 点时开始向缸内喷油，到 F 点时柴油雾开始自燃。 $E-F$ 线段表示油、气混合的准备燃烧阶段。燃烧后压力直线上升到 Z 点的 P_z 。在活塞下行的一小段距离 $Z-Z'$ 燃烧仍在继续进行。这个燃烧末尾所产生的压力与温度由于被活塞下行而增大了气缸容积的情况所抵销，所以就形成一小段（ $Z-Z'$ ）的等压燃烧。在这个示功图中的其它情况都与汽油机者相似，不另介绍。

二行程内燃机的工作特点是它在活塞二个行程中，即可完成进气、压缩、做功与排气四个工作过程。也就是说，曲轴每转一转（ 360° ）就可作一次功。这样，从理论上说，在其它条件都相同的情况下，二行程内燃机所发出的功率应为四行程内燃机的二倍（实际上只为 $1.5 \sim 1.6$ 倍）。

为了实现这个工作特点，活塞的一个行程要完成二个以上工作过程。为此，在结构上它不用专门的进、排气门及它们的启闭机构，而是在其缸壁上开有三个孔口，在活塞的往复运动过程中就由活塞本身来执行进、排气口的启闭任务。这三个孔口（见图1-6）是进气孔，排气孔和换气孔。二行程汽油机的工作过程如图1-6所示。

如图1-6a所示，在活塞上行过程闭住缸壁上的三个孔口时，缸内的可燃混合气开始被压缩。与此同时，活塞下面的曲轴箱内则形成真空度（曲轴箱应是密封的）。

如图1-6b所示，活塞继续上行，开启了进气孔1，在曲轴箱内外压力差的作用下，事前在汽化器内混合好的可燃混合气就经进气孔1开始进入曲轴箱内。

如图 1-6c 所示, 活塞继续上行到接近上死点时, 缸内混合气被火花塞点燃。活塞在这一段的继续压缩过程中, 可燃混合气大量进入曲轴箱内。

从图 1-6a 到图 1-6c 的三个图中可以看出, 活塞在向上的行程中可完成压缩与进气两个工作过程。

如图 1-6d 所示, 混合气燃烧膨胀做功, 推动活塞下行。当其顶面越过缸壁上的排气孔 2 时, 排气孔口被打开, 废气经它排于机外。在活塞下行过程中, 进气孔 1 与换气孔 3 都被关闭, 原先进入曲轴箱内的混合气被压缩 (压力可达 49 千帕, 即 0.5 公斤/厘米²)。等到活塞继续下行到接近下死点时, 换气孔 3 接着被打开, 处于曲轴箱内有压力的混合气就经换气孔向上流入气缸内, 这叫换气过程。在此过程中, 进入缸内的新鲜混合气还有迅速驱除缸内废气的作用, 所以此过程也称为气缸的扫气过程。当然, 这个换气过程也可能使一部分新鲜混合气随同废气一起排走, 造成不经济的情况。此外, 由于换入缸内的新鲜气流顺着活塞顶面冲吹, 可能使气缸顶部的废气不易排除干净。因此正如前述, 二行程内燃机的功率实际上要低于同条件四行程内燃机功率的二倍。

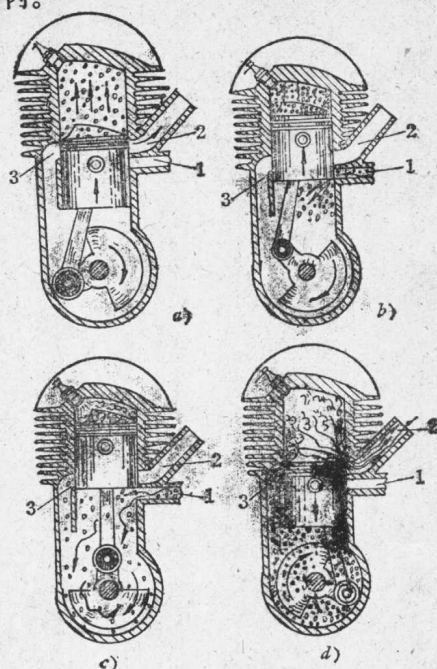


图 1-6- 二行程汽油机的工作过程
a-开始压缩; b-曲轴箱开始进气; c-点火燃烧;
d-膨胀后的排气及换气
1-进气孔; 2-排气孔; 3-换气孔

二行程汽油机目前大多为小型的, 其结构简单, 重量轻, 搬移方便。它在工程机械上大多作为小型机具的原动机, 或作为柴油机的起动机。在柴油机中也有二行程的, 这种二行程柴油机则有大功率的。二行程内燃机的另一个优点是它较四行程的运转平稳些。因为它在活塞的二个行程中就做功一次, 即曲轴每一转中有半转为主动, 另半转依靠惯性运动。而四行程内燃机则在四个行程中只有一个行程在做功, 即曲轴的旋转运动只有 1/4 是由动力推动, 另 3/4 依靠惯性转动, 这样就显得运转很不平稳。

根据以上所述, 对于单缸四行程内燃机, 为了积蓄做功过程的能量, 以供三个非做功过程使用, 必须配用较大的飞轮, 才能使机器运转得比较平稳。

为了既使内燃机达到运转平稳, 又不必配用笨重的飞轮, 从而减轻机器本身重量, 目前在工程机械上大多采用多缸内燃机。这就是使二个缸以上的所有活塞与连杆都装连在一根曲轴上, 让各缸依次做功而驱使同一根曲轴旋转。这样, 在发出相同功率的情况下, 既可使机器做得较小, 又可使曲轴旋转较均匀, 从而达到机器平稳运转的目的。缸数越多, 飞轮可做得越小, 机器运转越平稳。但缸数太多了, 将会使机器的结构显得过于复杂。目前各类内燃机大多不超过十二个缸, 在工程机械上用得最多的是四缸和六缸。

四行程四缸内燃机的曲轴转二转应有四个缸爆发作功, 也就是说曲轴每半转就有一个缸的一个行程是作功行程。因此相对于四个缸的曲柄应相互叉开 180°, 而四个连杆轴颈中线应处于同一平面上。为了使曲轴受载较均匀, 四个缸的工作次序并不是按 1-2-3-4 安排, 而应尽可能做到有较均匀的间隔。对四个缸的工作次序较好的只能有 1-3-4-2 或 1-2-4-3

两种。目前四行程四缸内燃机的工作次序都是按上述二种次序安排的。适应这二种工作次序的曲轴形状如图 1-7 所示。

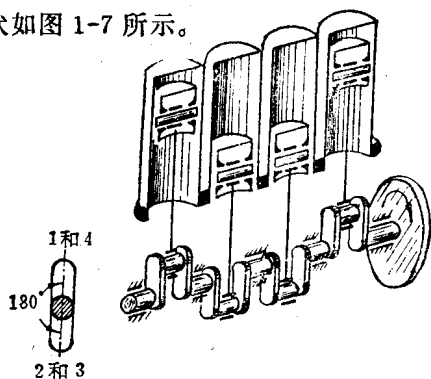


图1-7 四行程四缸内燃机曲轴形状

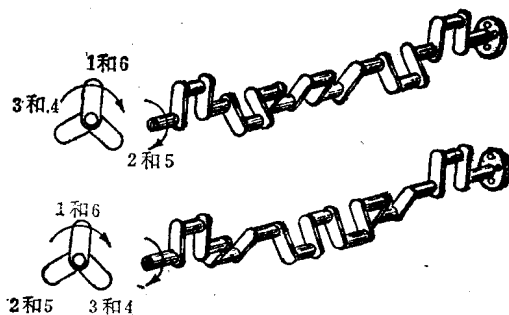


图1-8 四行程六缸内燃机曲轴形状

四行程六缸内燃机的曲轴应该是每转 120° 就要有一个缸爆发作功。这样，它们的曲柄应该是相互错开 120° ，每二个连杆轴颈中线处在一个平面上，六个连杆轴颈中线分处在相互成 120° 的三个平面上。如图 1-8 所示，这种曲轴有二种形状。

这二种形状的曲轴每一种可排出四种工作次序，但是最佳的工作次序，第一种形状的曲轴为1—5—3—6—2—4，第二种的为1—4—2—6—3—5。因为它们都没有毗邻两个缸连续工作，既使曲轴受载均匀，内燃机运转平稳，曲轴的主轴颈及其轴承磨损较均匀，又可使混合气或空气较均匀地进入各缸。现今工程机械与汽车上的六缸内燃机的曲轴大多采用第一种形状，所以其工作次序为1—5—3—6—2—4。

多缸内燃机根据其气缸排列的形式不同分为单列直立式，双列 V 式与双列对置卧式三种，如图 1-9 所示。

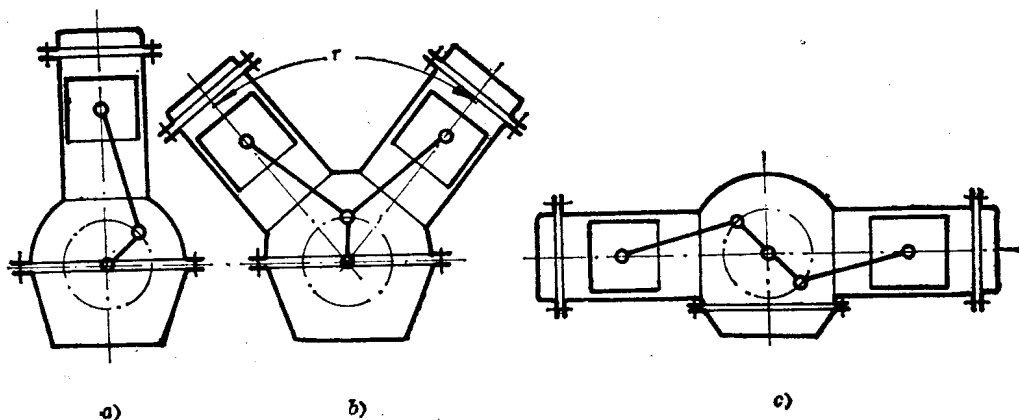


图1-9 多缸内燃机气缸排列形式
a-单列直立式；b-双列 V 形；c-双列对置卧式

单列直立式的结构较简单，加工方便，成本低，但它的长度较长，也较高。一般六缸以下的内燃机大多采用此形式。双列气缸的内燃机大多用于八缸或十二缸者，这样可使机体较短。双列卧式的横向尺寸较大，目前国产内燃机很少采用它。双列 V 式的结构尺寸最小，因而对气缸体的强度与刚度来说都较好。

内燃机为了完成工作，除了曲轴-连杆等主要机构外，还有相应的配合组成部分：配气机构，供给系，点火系（汽油机才有），润滑系和冷却系等。

2. 配气机构

配气机构是正确地执行进、排气门的启闭工作，以便准时向气缸内供给定量的混合气或空气，并及时排除废气的机构。它由与气缸同数目的进、排气门及其传动机构所组成。

气门是直接执行启闭的元件，为带杆的菌状体。它有二种安置形式：一种是气门安置在气缸盖上，气门的传动零件则分别安装在气缸体与气缸盖上，如图1-10所示，称为顶置式或称倒置式配气机构；另一种是气门及其传动零件都装在气缸体的一侧，称侧置式或顺置式配气机构，如图1-12所示。

顶置式配气机构的传动零件有：一根与曲轴平行安置的凸轮轴；与气门同数目的挺杆、推杆和摇臂。凸轮轴（图1-11）上有与气门同数目的凸轮3，各凸轮的相位按内燃机的工作次序适当安置，以便定时顶开相应的进、排气门。凸轮轴由曲轴通过一对正时齿轮来传动，它为配气机构的主动件，每转一转可顶开每个缸的进、排气门各一次，使每个缸完成一个工作循环。在四行程内燃机中每一工作循环曲轴要转二转，因此在工

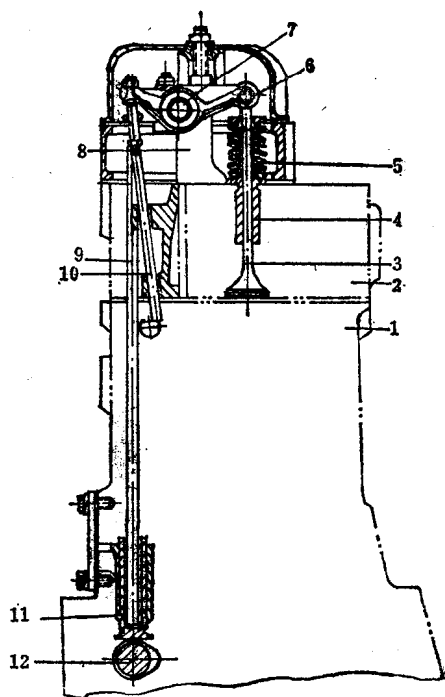


图1-10 顶置式配气机构

1-气缸体；2-气缸盖；3-气门；4-气门导管；5-气门弹簧；6-摇臂；7-摇臂轴；8-摇臂架；9-推杆；10-减压顶杆；11-挺杆；12-凸轮轴

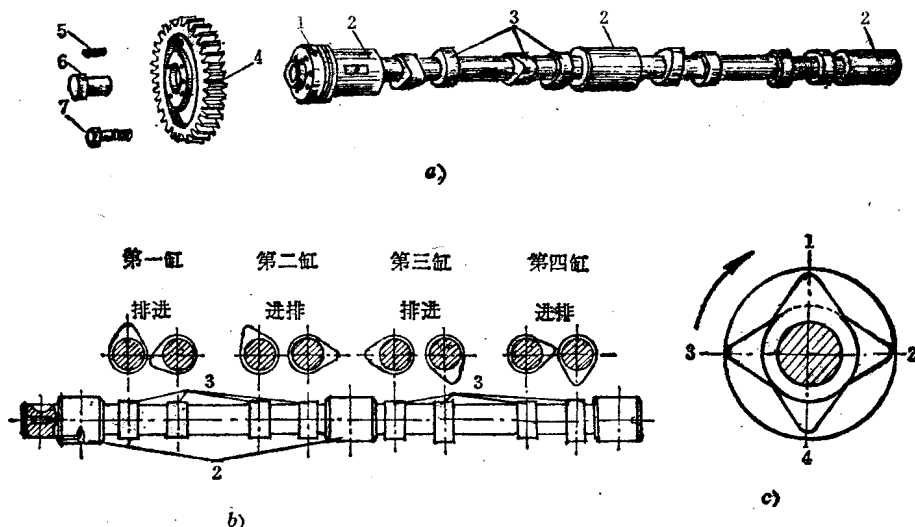


图1-11 4125A型柴油机的凸轮轴

a-凸轮轴；b-进、排气门凸轮的排列位置；c-凸轮轴的凸轮相位图

1-接盘；2-凸轮轴轴颈；3-凸轮；4-凸轮轴上的正时齿轮；5-定位销；6-止推销；7-固定螺钉

作中凸轮轴的转速只是曲轴转速的一半。

凸轮轴12转动时（参阅图1-10）可使每个凸轮顶着其上面的挺杆11以及推杆9作上下往复运动，从而使装在缸盖上的摇臂6在其摇臂轴7上摆摇。当摇臂的前端向下摆时就顶开气

门，向上回摆时，气门弹簧5可使气门回位，仍关闭气门。这里的减压顶杆10是用来在柴油机起动时将气门顶开，使它易于起动。

侧置式配气机构如图1-12所示，在其传动零件中没有推杆，凸轮是通过挺杆直接顶在气门杆的尾端。这样它比前一种的较简单，但是因气门侧置，其燃烧室（活塞在上死点时它与缸盖、缸壁共同围成的小空间）不紧凑，而且它与冷却水接触面积大，热损失大，所以近年来采用这种形式的配气机构较少，而大多是采用前一形式，尤其是在柴油机上，因为它正好把侧置式的一些缺点变成优点。

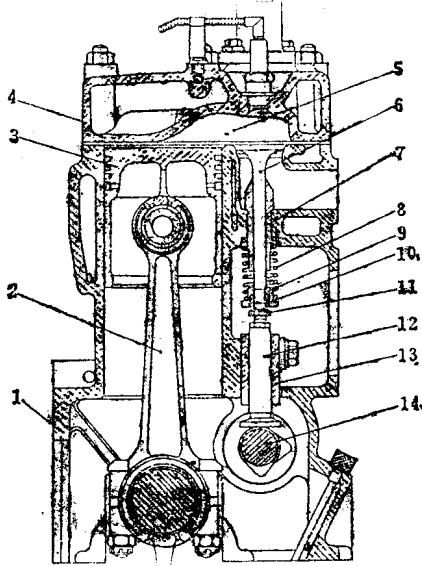


图1-12 侧置式配气机构

1-气缸体；2-连杆；3-活塞；4-气缸盖；5-燃烧室；6-气门；7-气门导管；8-气门弹簧；9-弹簧座；10-锁片；11-调整螺钉；12-挺杆；13-挺杆导管；14-凸轮轴

3. 供给系

供给系是向气缸内供给燃油与空气的设备。对汽油机来说，它是把在缸外已混合好的可燃混合气（汽油与空气）供入气缸内。其主要组成部分有油箱、汽油泵与汽化器。汽油泵的功用是把油箱内的汽油输送到汽化器内。它大多为膜式，依靠皮膜在一个膜盒里来回运动而吸油和压油。

汽化器的功用是把液态汽油变成雾状，并与空气混合成可燃混合气。其工作原理与一般的喷雾器相类似，其主要组成部分为一个内装浮子的小汽油箱（通常称浮子室）和一根喉管。图1-13所示为汽化器形成混合气的工作原理图。

当进气门11打开，活塞下行而形成缸内外的压力差时，空气经空气滤清器1被吸入缸内。当它经过喉管5的喉部时，流速加大，使该处造成负压。在该处还装有一根喷管4，喷管口正对着喉管的喉中心。喷管的另一端通浮子室9的底部，而浮子室的油面通大气。这样，浮子室内的汽油就在压力差的作用下被从喷管口吸出，并喷散成雾状，混合在空气中而形成可燃混合气进入气缸内。为了使浮子室内的油定量地吸出，在浮子室底部出口处的喷管内装有一个量孔8。浮子3是铜制的小浮筒，其上面联系一个针阀2。当浮子室内的油面下降时，浮子下落，针阀打开，让汽油进入浮子室。当浮子室内的油面升到一定高度时，浮子也随之上升，关闭针阀，停止进汽油。所以浮子室内的汽油是随着出油而进油，油面始终保

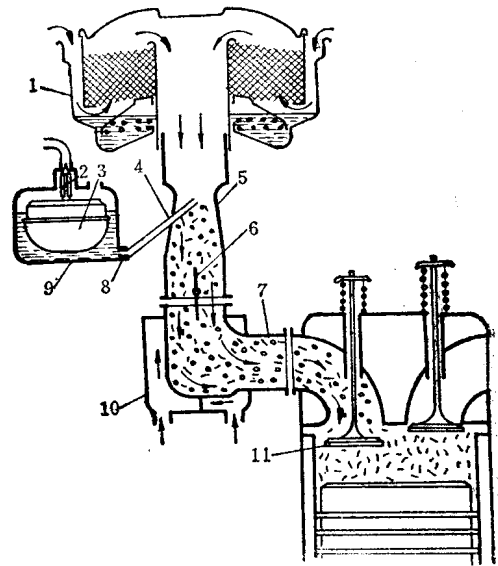


图1-13 可燃混合气形成过程原理图

1-空气滤清器；2-针阀；3-浮子；4-喷管；5-喉管；6-节流阀；7-进气歧管；8-量孔；9-浮子室；10-进气预热装置；11-进气门

持在规定的高度。节流阀6是用来控制进气量的。

上面所述是汽化器的工作原理，当然实际应用的汽化器要比所述的复杂得多。

对于柴油机来说，其供给系分为供气与供油两部分。柴油机工作时，纯空气经过空气滤清器和进气管路先供入气缸内，然后再由供油装置将柴油喷入缸内。柴油供给装置包括输油泵、高压油泵和喷油器等主要组合件以及相应的油箱、油管及滤清器等。

图1-14所示为柴油机的燃料供给系简图。

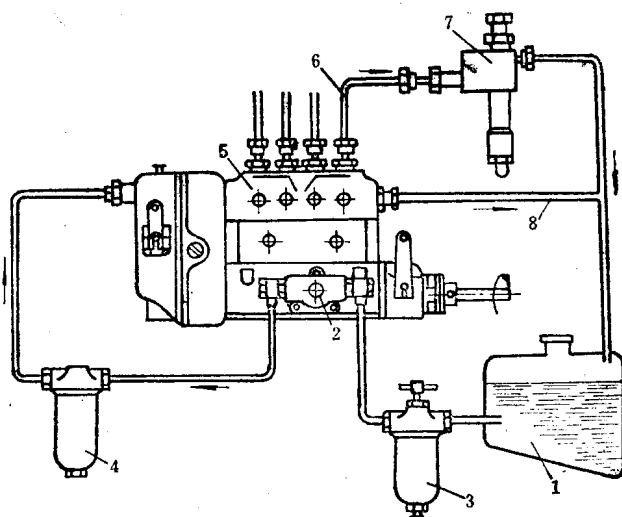


图1-14 柴油机的燃料供给系简图

1-油箱；2-输油泵；3-粗滤器；4-细滤器；5-喷油泵；6-高压油管；7-喷油器；8-回油管

油箱1、输油泵2、粗滤器3、细滤器4和低压油管等共同组成供油系的低压油路。输油泵是将油箱内的柴油转输到高压油路去的低压泵，它使低压油路中产生一定的输送压力，以克服粗、细滤清器和管路中的阻力，从而保证连续不断地向高压油路供油。未被利用的剩余的低压油则经回油管8流回油箱。喷油泵5、喷油器7和高压油管6等组成供油系的高压油路。喷油泵是高压泵，它有与气缸同数的高压分泵。这些分泵分别把输油泵送来的低压油再泵高到9800千帕（100公斤/厘米²）以上的高压油，并按规定的时间通过高压油管6送入相应的喷油器7内，然后由喷油器直接喷入气缸的燃烧室中。喷油泵的供油量大小可由人工进行调节，借以控制喷入缸内的油量，此即通常所谓的油门控制。

在工程机械用的柴油机上，除了由人工来调节喷油泵的供油量外，通常还装有调速器，以便柴油机在某一定的供油量下工作时能保证速度的恒定。也就是说，柴油机在一定范围内根据其载荷的变化可自动调节其供油量，以保持速度均匀。

柴油机的供给系除了供油外，还要通过空气滤清器和进气歧管向缸内供入空气。

4. 点火系

点火系有蓄电池点火和磁电机点火两种。前者大多用于多缸汽油机上，后者大多用于单缸或两缸汽油机上。

蓄电池点火系（图1-15）包括低压电路和高压电路两部分。组成低压电路的元件主要有：低压（6或12伏）电源-蓄电池9和发电机（图中未示出），断电器4，电容器5和点火线圈2中的初级线圈（图中黑粗线）等。组成高压电路的元件有：点火线圈2中的次级线圈（图中细线），配电器3，高压导线7和火花塞6等。

蓄电池是作为内燃机在起动时的点火电源的，发动机则作为在起动后正常工作时的点火电源，并对蓄电池进行充电。它们都是直流电源。

点火线圈是由绕在同一铁芯上的短而粗的初级线圈和长而细的次级线圈组成。实际上它是一个变压器，它与断电器4共同执行把低压电流转变为高压电流的任务。断电器是由一个多角（与气缸同数）凸轮和一副导线触点（固定触点与活动触点）所组成，实际上它是由凸轮控制的电开关。由蓄电池或发电机来的低压电流通过点火线圈的初级线圈而接于断电器中