

普通中等专业教育机电类规划教材

机器概论

第2版

咸阳机器制造学校 张久成 主编

机械工业出版社

PDF

普通中等专业教育机电类规划教材

机 器 概 论

第 2 版

主编 张久成

参编 宋 昀 陆志勇

主审 屈国华



机 械 工 业 出 版 社

本书简明扼要地介绍了汽油机、柴油机、空压机、泵、汽车、拖拉机、摩托车、桥式起重机及输送机械等不同类型的机器,着重阐述其工作原理、构造及主要零部件的功用。全书共四章,每章后均附有思考题及习题。

本书除作为中等专业学校机械类专业教材外,也可作为其它专业扩大机械知识面的教材,还可供具有中等文化程度的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机器概论/张久成主编. - 2版. - 北京:机械工业出版社,2000.5
普通中等专业教育机电类规划教材
ISBN 7-111-06678-2

I. 机… II. 张… III. 机器-概论-中等教育-教材
IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 55882 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:赵爱宁 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

中国建筑业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 2 版第 3 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·8.25 印张·1 插页·198 千字

56201—58200 册

定价·12.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

第2版前言

本书是在1990年出版的《机器概论》的基础上,根据机械部机械制造专业教学指导委员会1996年11月温州会议的要求修订而成的。在修订工作中,本着保持原教材简单明了的风格不变、适当扩充知识面、精选内容、逐步更新、有利教学的精神,对原教材内容作了适当的更新和扩充,增写了第三章泵;在原书第一章中,除对部分内容进行了调整外,还增写了燃料的主要性能指标和电子点火系的内容;在原书第三章(本书第四章)中增写了摩托车的内容。

修订后的教材共分五部分:绪论、第一章内燃机、第二章空气压缩机、第三章泵及第四章常见机器介绍。

本书由咸阳机器制造学校张久成主编。第一章第十三节由北京市机械工业学校宋昀编写修订,第四章第三节由无锡机械制造学校陆志勇编写修订,其余章节由张久成编写修订。

本书由山东省机械工业学校屈国华主审。沈阳市机电工业学校徐衡、咸阳机器制造学校何克祥等参加了审稿工作。

本门课程内容涉及知识面广,由于编者水平所限,书中误漏和不妥之处难免,希望读者批评指正。

编 者

1998年5月

第 1 版前言

1986 年 8 月，机械工业部机械制造专业教材编审委员会咸阳会议决定，在招收初中毕业生、四年制机械制造专业的课程设置中，增设“机器概论”这门新课程，作为该专业的一门技术基础课。

本书是根据这次会议制定的“机器概论”教学大纲，在咸阳机器制造学校张久成同志编写的“机器概论”讲义的基础上修改补充而成的。

全书共分四部分：绪论，第一章内燃机，第二章空气压缩机，第三章常见机器介绍。

本书由咸阳机器制造学校张久成主编。第一章第四节由黑龙江省机械制造学校李运超编写，绪论和其余各章节均由张久成编写。

本书由内蒙古工业学校戴洪耀主审。杜昭林、林丛滋、卢福祯等参加了审稿工作。

咸阳机器制造学校李铁尧、山东省机械工业学校屈国华、重庆机器制造学校谭昌伦等，对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议，在此谨致谢意。

本课程是一门新设课，内容涉及知识面广。由于编者水平有限，书中误漏和不妥之处难免，希读者批评指正。

编 者
1990 年 5 月

目 录

第2版前言	
第1版前言	
绪论	1
第一章 内燃机	4
第一节 概述	4
第二节 内燃机的一般构造、基本名词术语和组成	4
第三节 四冲程内燃机的工作原理	7
第四节 二冲程内燃机的工作原理	9
第五节 柴油机与汽油机、二冲程与四冲程内燃机的比较	11
第六节 内燃机的主要性能指标	12
第七节 内燃机的基本组件	12
第八节 内燃机的进、排气系统	18
第九节 汽油机的燃料供给系统	20
第十节 柴油机的燃料供给系统	23
第十一节 内燃机的润滑系统	29
第十二节 内燃机的冷却系统	33
第十三节 汽油机的点火系	35
思考题及习题	40
第二章 空气压缩机	41
第一节 概述	41
第二节 活塞式空压机的类型、结构和主要参数	42
第三节 活塞式空压机的工作原理及工作过程	44
第四节 活塞式空压机的排气量、排气压力和功率	49
第五节 空压机中的阀	50
第六节 活塞式空压机的排气量调节	51
第七节 其它压缩机	53
思考题及习题	61
第三章 泵	62
第一节 概述	62
第二节 离心泵的一般结构、工作原理和类型	63
第三节 离心泵的主要部件	65
第四节 离心泵的主要性能参数	67
第五节 常用离心泵	70
第六节 其它泵简介	74
思考题及习题	76
第四章 常见机器介绍	77
第一节 汽车	77
第二节 拖拉机	92
第三节 摩托车	102
第四节 桥式起重机	110
第五节 输送机械	119
思考题及习题	123
参考文献	124

绪 论

人类为了适应生产和生活的需要,曾经创造出各种各样的机器,其目的在于减轻人的体力劳动和提高劳动生产率。数千年来,随着科学技术的发展,机器的种类不断增多,性能不断提高,职能不断扩大。机器既能承担人所不能或不便承担的工作,又能比人工生产提高产品质量,特别是大大提高了劳动生产率和改善了劳动条件;同时,机器便于实现集中、大量生产和对生产进行严格的分工与科学管理,尤其是便于实现高度机械化、电器化、自动化。它已成为现代社会必不可少的组成部分,无法想象一个现代化社会可以没有各种机器。拥有大量的先进机器,对促进国民经济的高速发展,实现社会主义现代化有着极其重要的意义。

对于“机器”的概念,人们在日常生活和生产实践中早已形成。例如:汽车、拖拉机、起重机、电动机、内燃机、蒸汽机、泵、机床、缝纫机、洗衣机等都是机器。机器的种类繁多,构造和用途差别很大。尽管如此,但只要注意观察,就会发现它们都具有下列共同特征:

- 1) 它们都是人为的多种实物的组合体。
- 2) 组成机器的各实物间具有确定的相对运动。
- 3) 能代替人的劳动,有效地完成机械功或变换机械能。

“机构”是机械行业的一个常用术语。机构只具有机器的前两个特征。

器的主要组成部分有:原动机、传动机构、执行机构和操纵机构。机器是由一种或多种机构组成的,因此,机构是机器的重要组成部分。通常所说的“机械”一词是对机器和机构的总称。

随着科学技术的发展,有关机械的知识也逐步地完善起来,并形成一门独立的学科。到19世纪中叶,有关机械设计、制造的理论已自成体系。最近数10年来,在机械设计、制造方面又出现了许多独立的学科,科技理论的提高也进一步促进了机器的发展。

我国对机械的研究有着悠久的历史 and 杰出的贡献。我国的古代机械时期,曾是一个光辉灿烂的时期,并在世界上处于领先地位。大约秦汉时期,我国机械的发展已达到相当高的水平。其中,许多成就在世界机械发展史上占有十分重要的地位。

约在公元前1760~1756年间,我国就发明了农田灌溉用的提水起重工具——桔槔;公元前1115~1079年间,发明了辘轳;公元前186~189年间,又发明了脚踏水车。鼓风机最早的应用是从冶金事业开始的,我国利用水力作动力的鼓风机——“木排”,要比欧洲发明的水力鼓风机早1000多年。

秦始皇陵出土的“铜车马”,就是两千多年前使用的一种以马为原动力的高级轿车的缩型。铜车马所用的材料几乎全为青铜,此外还有少量的金、银材料的零件。组成铜车马的零件有近3000个,最大的长达2460mm,最小的不足10mm,许多零件结构特殊、装配工艺复杂、连接方式科学。从铜车马可以看出,当时车的设计制造已达到很高的水平,热、冷加工技术已相当精湛高超。

三国、隋、唐、宋时期,我国的运输工具和兵器大有发展。诸葛亮为运送军需而设计的

“木牛流马”，其实就是适合山地运输行走，省力并设有刹车装置的运输机械。古代还出现过一些构思巧妙的自动机械，是我国机械水平进一步提高的标志。十矢连弩就是其一。它用板机张弦，发出一箭后又由箭槽落下一箭就位，可连发 10 支。指南车和记里鼓则是我国古代机械科技成果的杰出代表。它们不但是我国科技和机械中的瑰宝，而且在世界上也产生了较大影响。

由于封建社会的长期统治，使我国机械工业的发展受到严重限制。与此同时，欧洲的科技和机械工业有了迅速发展，资本主义制度的建立和发展为欧洲的机械工业发展创造了良好的条件。蒸汽机的出现使社会工商业和人类生活发生了巨大变革。在欧洲许多国家，整个科学技术，包括机械科学技术，都得到了空前发展，而这一时期我国机械工业发展缓慢，失去了过去的领先地位而落后于西方。清朝政府采取闭关自守的政策，更增大了这一差距。1840 年的鸦片战争打破了清朝闭关自守的门垒，中国机械开始进入近代机械时期。但这段时期里，帝国主义列强的侵略，使我国机械工业的发展有着明显的半殖民地半封建色彩，对西方的依赖性很强。解放前，我们这样一个大国，机械工业基础很薄弱，所用的机器几乎全是舶来品，而自己只能从事对进口机器的一些修理、装配和仿造少量的简单机械设备，整个机械工业处于十分落后的状态。

新中国成立后，我国的机械工业开始进入现代机械时期，发展十分迅速，其规模之大是空前的，很快改变了机械工业的落后面貌，建立了一批大型骨干企业，并造就了一批从事机械工业的专业技术队伍。机械产品已由测绘仿制变为自行设计制造，如各类机床、汽车、拖拉机、火车、飞机、大型水轮机、汽轮机、发电机等；在制造万吨水压机、T4163 型单柱坐标镗床，制造万吨远洋轮、运载火箭、人造卫星，制造年产量 150 万 t 的钢铁联合企业成套设备、年产 300 万 t 矿井采矿设备、年处理 250 万 t 原油的炼油设备等方面，已进入世界先进行列。

汽车工业是 20 世纪初形成的，整个 20 世纪是内燃机汽车工业蓬勃发展的时期，美国、西欧和日本相继建成宏大的汽车工业体系，并已将其作为他们的支柱产业。

我国的汽车工业起步较晚。汽车工业的发展从 1953 年兴建第一汽车制造厂开始，到产量超过百万辆的规模，经历了 1953~1978 年汽车工业的建设阶段、70 年代末到 90 年代初的成长阶段以及 90 年代以来的迅速发展阶段。在后两个阶段，通过技术引进、消化吸收和建设改造，整个汽车工业有了明显的进步，总产量从 1979 年的 18 万辆增加到 1991 年的 71 万辆，产品由单一型转向多品种，产品水平有了大幅度的提高，部分产品已接近国外 80 年代的水平。20 世纪 80 年代，我国已形成一汽年产 8 万辆新型“解放”货车的生产能力；二汽已成为年产 10 万辆货车的现代化汽车生产基地，是世界上最大的货车生产基地之一。1987 年，我国又确定了大力发展轿车工业，振兴汽车工业的战略，决定建设一汽、二汽、上海三大轿车基地，汽车工业将很快成为我国的支柱产业。40 多年来，中国的汽车工业从无到有、从小到大，已形成了其生产、科研和教育体系。

摩托车的发明至今已有 100 多年。据记载，它是从自行车发展而来，最早起源于法国。我国的摩托车工业从 1951 年第一辆“井冈山牌”问世，经 70 年代末、80 年代初改革开放形势下的迅速发展，产品已由原来的几个发展为几十个，产量由 1979 年的 4.5 万辆增加到 1989 年的 110 万辆。进入 90 年代以来，摩托车的生产能力和产品水平有了明显的提高，它作为一种交通工具正在悄然走进中国家庭。

半个世纪以来，尽管机械工业的发展走过一些曲折的道路，但我国机械工业的成就是巨大的，特别是改革开放以来所取得的成就，更是举世瞩目。

随着工业生产的发展和人民日益增长的生活需要，机器已从工、农业生产中的使用逐步走向家庭，进入人们的日常生活中，如缝纫机、洗衣机及炊事机械，已成为现代家庭不可缺少的生活设备；摩托车、汽车也正在走进家庭，成为未来家庭重要的交通工具。

《机器概论》是介绍一些常见机器概况的一门专业技术课程。它从机器的宏观表征出发，认识和了解机器的特性、用途、种类、名词术语、工作原理、一般结构、主要零部件及其功用，旨在扩大学生的知识面，增加机械方面的知识，以适应将来的工作需要。本门课程通过对内燃机、空气压缩机、泵及常见的几种机器的教学，应达到下列要求：

- 1) 了解常见机器的种类、用途、一般结构和主要部件的功用。
- 2) 初步掌握内燃机、空气压缩机、泵的工作原理及构造。

本门课程是在学生已具备一定识图能力的基础上开设的，并作为有关课程的先修课程，提供必要的机械方面的知识，扩大学生的知识面，这对后续课程的学习及提高学生的分析、理解能力是有益的。

本门课程是一门实践性很强的课程，学习中应注意加强实践环节，通过拆、装有关机器的实践，观察和了解机器的构造、工作原理、主要部件的结构及功用，以真正达到扩大知识面、增强对机器的感性认识的目的。

第一章 内 燃 机

第一节 概 述

将燃料燃烧产生的热能转变为机械能的机器称热机。内燃机是热机的一种，它是相对“外燃机”而言的。燃料在机器外部燃烧的热机称做外燃机，它包括活塞式蒸汽机和蒸汽轮机；燃料在机器内部燃烧的热机称做内燃机，它包括活塞式内燃机、燃气轮机和喷气发动机。内燃机的特点是燃料在机器内部燃烧时放出大量的热，使燃烧后产生的气体膨胀，推动机械做功；而“外燃机”则不同，燃料在机器外部燃烧，加热水，使之变为高温、高压蒸汽，再送至机器内部膨胀做功。

内燃动力装置通常是各种往复式和回转式内燃机的总称，而“内燃机”这一名词一般指往复式内燃机。本章只介绍往复式内燃机。

与其它热机比较，内燃机具有下列优点：热效率高，功率和转速范围大，适于各种用途，结构紧凑、轻巧，便于移动，工作可靠，操作使用方便。

内燃机作为发动机被广泛应用于交通运输机械中。工程机械、矿山机械，地质、石油钻机，农、牧、林业机械，排灌机械等，也多以内燃机作为原动机。坦克、装甲车、武器牵引车等军事装备，内燃机几乎是唯一的动力。内燃机在国民经济各个部门都有着广泛的应用，已成为现代机械极为重要的一种动力源。

内燃机有许多类型。按其所用燃料的不同，有汽油机与柴油机之分；按点火方式不同，有压燃式和点燃式之分；按实现工作过程的行程数不同，又可分为二冲程和四冲程内燃机两种；按冷却方式的不同，又可分为水冷式和风冷式等。

内燃机所用的燃料目前只限于气体燃料和液体燃料两种。气体燃料主要是发生炉煤气和天然气。气体燃料一般在燃料来源丰富的地区，用于固定式内燃机为宜。液体燃料主要是汽油和柴油，其次是煤油、酒精和苯。

第二节 内燃机的一般构造、基本名词术语和组成

往复活塞式内燃机按所用燃料的不同，可分为柴油机、汽油机，但它们都要完成把热能转变为机械能这一根本任务，所以它们的工作原理和基本构造有许多共同点。为便于说明问题，下面以一种内燃机——柴油机为例，说明内燃机的一般构造。

一、柴油机的一般构造

图 1-1 为单缸柴油机的构造简图。圆柱形活塞 8 装在圆筒形气缸 11 内，并可在气缸内作往复直线运动；活塞通过活塞销 9 与连杆 10 的小头构成可动连接，连杆大头活套在曲轴 12 的曲柄轴上；曲轴的两端轴颈支承在曲轴箱 13 的轴承上。活塞、连杆与曲柄轴所组成的机构称做曲柄滑块机构，它是将燃料燃烧所产生的热能转化为机械能的主要机构。当活塞作

上下往复运动时，通过连杆带动曲轴作旋转运动。曲轴的末端装有圆盘形飞轮 14，气缸上部装有气缸盖 4，使活塞顶部与气缸盖之间构成一密闭的空间。装在气缸盖上的进气门 7 和排气门 6，根据内燃机工作时的需要开启或关闭。

柴油机工作时，首先由曲轴带动活塞由上向下移动，空气经进气管 1、进气门 7 进入气缸内；接着进气门关闭、继之活塞反行向上移动，气缸内的空气受活塞压缩，随之柴油通过进油管 2 喷入气缸内，与被压缩的高温空气接触而着火燃烧，高温燃气膨胀产生的巨大压力推动活塞下移，并通过连杆使曲轴转动对外做功；最后活塞由下向上移动，排气门 6 开启，膨胀后的废气排出气缸。至此，柴油机完成一个工作循环。如此往复循环，使柴油机连续运转。

二、内燃机基本名词术语

(1) 上止点 活塞离曲轴旋转中心最远的位置称上止点（又称上死点）。

(2) 下止点 活塞离曲轴旋转中心最近的位置称下止点（又称下死点）。

(3) 活塞冲程 活塞上下止点间的距离称为活塞冲程，简称冲程（又称行程），用符号 s 表示

$$s = 2 \times \text{曲轴臂长}$$

(4) 燃烧室容积 活塞位于上止点位置时，活塞顶面以上的气缸空间称做燃烧室，此空间的容积称为燃烧室容积，用符号 V_c 表示。

(5) 气缸工作容积 活塞从上止点移动到下止点时，它所扫过的空间容积称为气缸工作容积，用符号 V_h 表示。

(6) 气缸总容积 活塞位于下止点时，活塞顶面以上的全部容积称为气缸总容积，用符号 V_a 表示。

(7) 压缩比 气缸总容积与燃烧室容积的比值，称为压缩比，用符号 ϵ 表示，即

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

压缩比表示气体在气缸内被压缩的程度。压缩比越大，表示气体在气缸内受压缩的程度越大，压缩终了气体的压力和温度越高。汽油机的压缩比 ϵ 一般为 6~9，而柴油机要求的压缩比 ϵ 一般为 12~22。内燃机的基本名词术语可参看图 1-2。

三、内燃机的组成部分

各种类型的往复式内燃机，尽管工作原理和具体结构不同，但它们都是为了完成把燃料燃烧产生的热能转变为机械能这一根本任务的。它们一般都由下列机构和系统所组成。

1. 机体零件和曲柄连杆机构

机体零件主要包括气缸体、气缸盖、曲轴箱等，它们用以支承内燃机的各个机构和系统。

曲柄连杆机构主要由活塞、连杆、曲轴和飞轮等组成。活塞在气缸中作往复运动时，连杆使曲轴作旋转运动，从而对外做功。

2. 配气机构

配气机构主要由进气门、排气门、凸轮轴、正时齿轮及气门传动组（挺柱、推杆、摇臂等）零件组成。根据工作需要，配气机构按时开、闭进气门和排气门，完成换气过程。

3. 进、排气系统

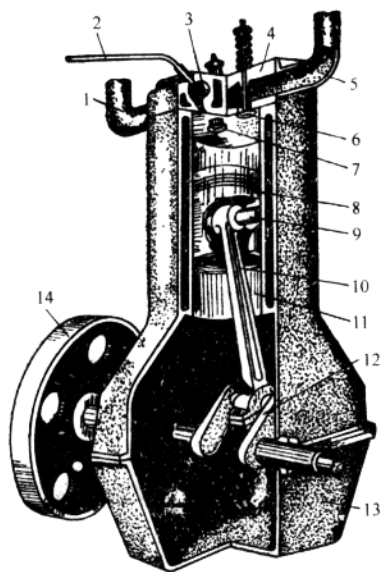


图 1-1 单缸柴油机构造简图

1—进气管 2—进油管 3—燃烧室 4—气缸盖
5—排气管 6—排气门 7—进气门 8—活塞 9—活塞销
10—连杆 11—气缸 12—曲轴 13—曲轴箱 14—飞轮

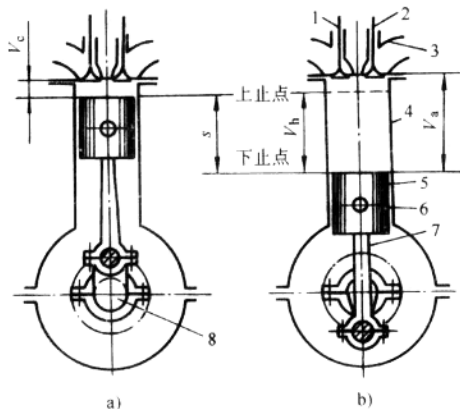


图 1-2 内燃机的基本名词术语示意图

1—进气门 2—排气门 3—排气管 4—气缸
5—活塞 6—活塞销 7—连杆 8—曲轴

进、排气系统主要由空气滤清器，进、排气歧管及消声器等组成。进、排气系统能按一定要求排出废气，吸入新鲜空气（对柴油机而言）或可燃混合气（对汽油机而言）。

4. 燃料供给系统

由于汽油机和柴油机使用的燃料和混合气的形成方法不同，它们的燃料供给系统有很大差别。

汽油机的燃料供给系统主要由油箱、汽油滤清器、汽油泵、空气滤清器和化油器等组成。它的作用是将一定量的干净空气与汽油形成可燃混合气后送入气缸。

柴油机的燃料供给系统主要由油箱、柴油滤清器、输油泵、喷油泵、喷油器等组成。它的作用是将干净的柴油按一定要求喷入气缸。

5. 润滑系统

润滑系统主要由机油泵、机油滤清器及润滑油道等组成。润滑系统主要用来润滑零件表面，减少摩擦和磨损。

6. 冷却系统

内燃机多采用水冷却系统，水冷却系统主要由水套、水泵、散热器、风扇等组成。空气冷却系统则主要由气缸体、散热片、风扇等组成。

通过冷却，将零件受热所吸收的多余热量传导出，以保证内燃机在适当的温度下工作。

7. 点火系统

点火系统是汽油机所特有的一个系统。它的作用是适时地点燃气缸内的可燃混合气。点

火系统分蓄电池点火系和磁电机点火系。蓄电池点火系主要由蓄电池、火花塞、点火线圈、分电器等组成；磁电机点火系则主要由磁电机和火花塞等组成。

8. 起动装置

要使内燃机由静止状态转入运转状态，必须借助外力（人力或其它动力）使曲轴旋转并达到一定的转速，以使气缸内的可燃混合气实现第一次着火燃烧而转为自行运转。这一装置称为起动装置。人力（手摇）起动只适于小功率内燃机，较大功率的内燃机则必须采用起动电动机、起动汽油机或压缩空气起动设备等装置。此外，为了方便起动，多数柴油机上还有减压机构和预热装置。

第三节 四冲程内燃机的工作原理

四冲程内燃机的工作循环由进气冲程、压缩冲程、作功冲程和排气冲程组成。每完成一个工作循环，活塞在气缸内往复运动两次。下面分别介绍四冲程汽油机和柴油机的工作原理。

一、四冲程汽油机的工作原理

图 1-3 为单缸四冲程汽油机的工作原理图。下面对照图来说明其工作原理。

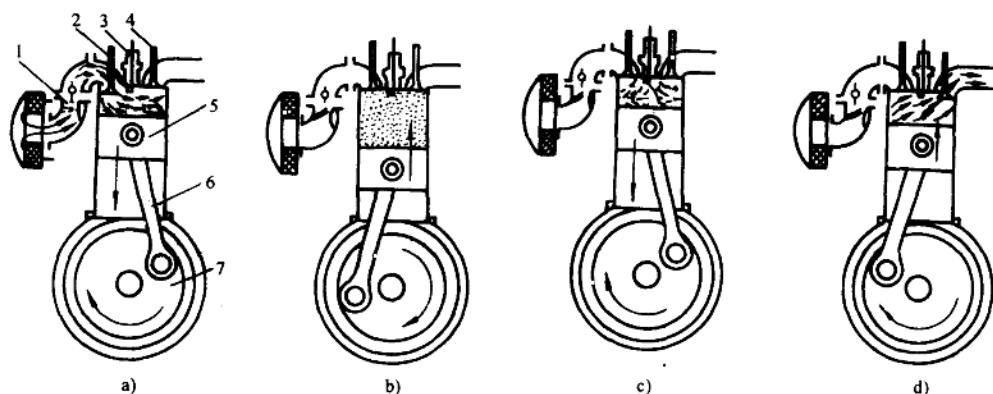


图 1-3 单缸四冲程汽油机的工作原理图

1—化油器 2—进气门 3—火花塞 4—排气门 5—活塞 6—连杆 7—曲轴

第一冲程——进气冲程

进气冲程是向气缸内吸入空气并与汽油混合形成可燃混合气的过程，如图 1-3a 所示。进气通道上装有专门配制汽油与空气混合气的部件——化油器 1，通过它形成可燃混合气。

在进气过程中，活塞由上止点向下止点移动，活塞上面气缸容积增大，形成部分真空，此时进气门打开，排气门关闭；在气缸内外压力差的作用下，可燃混合气由进气门进入气缸。这一过程一直延续到活塞到达下止点，进气门关闭为止。进气终了时压力较低，为 $75 \sim 90 \text{ kPa}$ ，温度为 $350 \sim 400 \text{ K}$ 。

第二冲程——压缩冲程

如图 1-3b 所示，随着曲轴的旋转，活塞从下止点向上止点移动，此时进、排气门均关闭。气缸内的可燃混合气被压缩，压力和温度同时升高。当活塞到达上止点时，压缩冲程结

束。此时压力为 $830 \sim 1960 \text{ kPa}$ ，温度为 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。

第三冲程——作功冲程（即膨胀冲程）

如图 1-3c 所示，当压缩冲程即将结束时，火花塞发出电火花，点燃被压缩的可燃混合气，并迅速燃烧，使气缸内的温度、压力急剧升高，瞬时温度高达 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ ，瞬时压力达 $2900 \sim 4900 \text{ kPa}$ 。在燃烧气体的膨胀压力作用下，活塞被推动下移，并通过连杆使曲轴旋转而向外作功。随着活塞下移，燃气的压力和温度下降。作功冲程终了时，气缸内压力降为 $290 \sim 490 \text{ kPa}$ ，温度降到 $1500 \sim 1700 \text{ K}$ 。作功冲程中，进、排气门始终关闭着。

第四冲程——排气冲程

如图 1-3d 所示，由于曲轴继续旋转，活塞从下止点向上止点移动。此时进气门仍关闭着，排气门打开，随着活塞上移，废气由排气门排出气缸。排气终了时，气缸内压力稍高于外界大气压力，为 $103 \sim 123 \text{ kPa}$ ，温度为 $900 \sim 1100 \text{ K}$ 。

排气冲程结束时，活塞又回到上止点位置，排气门关闭。至此，活塞在气缸内上下往复两次，曲轴旋转两转，完成一个工作循环。如此周而复始，不断地把汽油燃烧的热能转变成机械能。

二、四冲程柴油机的工作原理

柴油机的工作原理与汽油机是不同的。这是因为柴油机所使用的燃料是挥发性差、粘度大的柴油，不能像汽油那样在化油器中与空气混合，且柴油燃点高，也不易点燃。因此，柴油机中可燃混合气的形成和燃烧方式都与汽油机不同，柴油机与汽油机本质的不同正在于此，但每个工作循环的过程则与汽油机基本相同。

图 1-4 为单缸四冲程柴油机的工作过程示意图。图 1-4a~d 分别表示四个冲程在开始与终了时的活塞位置。

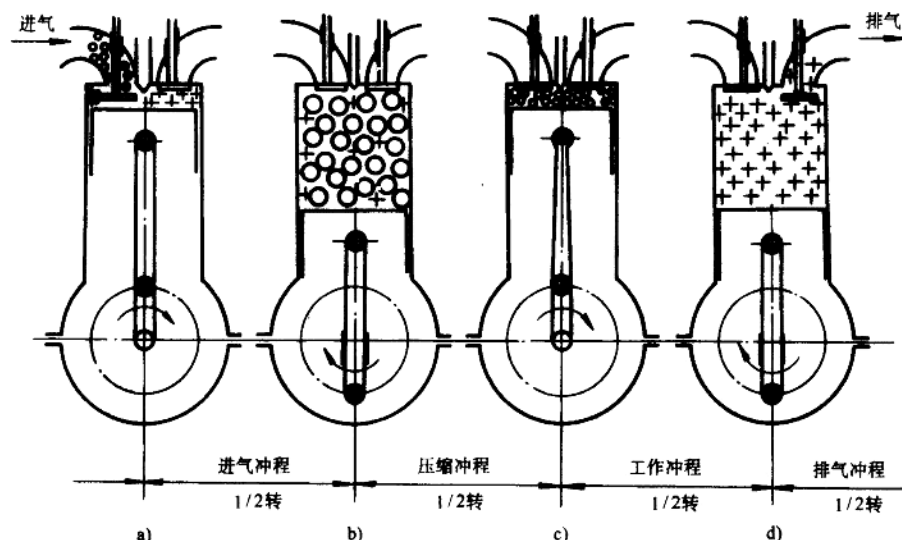


图 1-4 单缸四冲程柴油机工作过程示意图

第一冲程——进气冲程

如图 1-4a 所示，进气冲程是向气缸内吸入新鲜空气的过程，空气随活塞下移被吸入气

缸，直到活塞移动到下止点为止。一般进气终了的温度为 $310\sim 340\text{K}$ ，压力为 $78\sim 93\text{kPa}$ 。

第二冲程——压缩冲程

如图 1-4b 所示，随着活塞向上移动，气缸内的空气被压缩，其压力、温度随之升高。当活塞移至接近上止点位置（压缩冲程即将结束）时，喷油器向气缸内喷油。为了使喷入气缸内的柴油与空气混合得很好，喷油泵先将柴油压到 $9800\sim 19600\text{kPa}$ 的压力，然后经喷油器向气缸内喷射，与高温空气混合。为了实现柴油自燃，柴油机都有较大的压缩比，压缩终了时，气缸内气体的温度必须高于柴油的自然温度（约 600K ） $200\sim 300\text{K}$ 。一般，压缩终点压力为 $2900\sim 4900\text{kPa}$ ，温度高达 $780\sim 950\text{K}$ ，压缩比 $\epsilon = 16\sim 20$ 。

第三冲程——作功冲程

如图 1-4c 所示，喷入气缸的柴油在高温空气中着火燃烧，使气缸内燃气温度、压力急剧升高，最高温度达 $1800\sim 2200\text{K}$ ，最高压力达 $5800\sim 8800\text{kPa}$ ，高温、高压燃气膨胀，推动活塞向下移动作功。随着活塞下移，其压力、温度随之降低。活塞移至下止点时，作功冲程结束，燃气温度降至 $1000\sim 1400\text{K}$ ，压力下降到 $190\sim 390\text{kPa}$ 。

第四冲程——排气冲程

柴油机的排气冲程与汽油机基本相同，如图 1-4d 所示，只是压缩比高，膨胀充分。排气终了温度较低，一般为 $700\sim 900\text{K}$ ，气缸内的气体压力为 $103\sim 118\text{kPa}$ 。

通过单缸四冲程内燃机工作过程的分析可以看出，四个冲程中，只有一个冲程作功，而其余三个冲程需要依靠曲轴带动，因而在曲轴端装有飞轮，借助飞轮的惯性，保持曲轴连续转动。

现代汽车、拖拉机等机械上使用的二缸、四缸甚至十二缸的内燃机，尽管缸数增多，但内燃机各气缸中所进行的工作循环完全与单缸内燃机相同，只是各气缸的作功冲程并非同时进行，而是依一定的顺序和间隔交替进行。

第四节 二冲程内燃机的工作原理

四冲程内燃机完成一个工作循环需经历四个冲程，活塞在气缸内往复运动两次，曲轴回转两周，其中只有一个冲程作功，因而四冲程内燃机输出的转矩和转速很不均匀，即使装上飞轮，均匀性还是有限的，单缸内燃机这一点更为突出。

把进气和排气两个过程合并到压缩和膨胀两个冲程内，从而使内燃机在两个冲程内（即活塞往复一次，曲轴旋转一周）完成一个工作循环，这种内燃机就是二冲程内燃机。显然，两个冲程内有一个冲程作功，输出转矩和转速的均匀性就会明显提高。

二冲程内燃机的工作循环也是由进气、压缩、燃烧、膨胀、排气五个过程组成，但它是在两个冲程内完成的。因此，二冲程内燃机的结构和工作原理与四冲程内燃机有很大差别。二冲程内燃机的主要结构特点是没有专门的气门及控制机构。下面分别介绍二冲程汽油机和二冲程柴油机的工作原理。

一、二冲程汽油机的工作原理

图 1-5 为二冲程汽油机的工作原理图。它是由曲轴箱换气的，其气缸壁上开有进气口、排气口和扫气口。进气口和排气口都与外界大气相通，扫气口连通曲轴箱与气缸。

第一冲程——辅助冲程

活塞 5 从下止点向上止点移动（图 1-5a）。当活塞上缘完全遮住开在气缸壁上的排气口 2 时，开始压缩可燃混合气，同时由于活塞的上移，使它下面与曲轴箱 6 连通的空间形成暂时真空（内燃机的曲轴箱是密封的）。当活塞下缘使开在缸壁上的进气口 1 露出时，在大气压力作用下，可燃混合气便自化油器流入曲轴箱内（图 1-5b）。

第二冲程——作功冲程

当活塞接近上止点时（图 1-5c），火花塞 3 即发出电火花，点燃可燃混合压缩气。燃烧后的高温、高压气体膨胀，推动活塞从上止点向下止点移动，并通过连杆带动曲轴旋转作功。随着活塞下移，活塞遮住进气口后，流入曲轴箱内的可燃混合气得到初步压缩。当活塞上缘将排气口露出时，气缸内的废气先靠本身的压力自行由排气口排出，当活塞上缘将扫气口 4 露出时，曲轴箱内被预先压缩的可燃混合气，便经扫气口冲入气缸，对残留于气缸内的废气进行“清扫”（图 1-5d），同时，新鲜可燃混合气充满气缸。排气口与扫气口都敞开时进行的废气从气缸内被可燃混合气驱除并取代的这一过程，称为扫气（换气）过程。

活塞一直移到下止点位置，第二冲程结束。至此，汽油机完成一个工作循环。

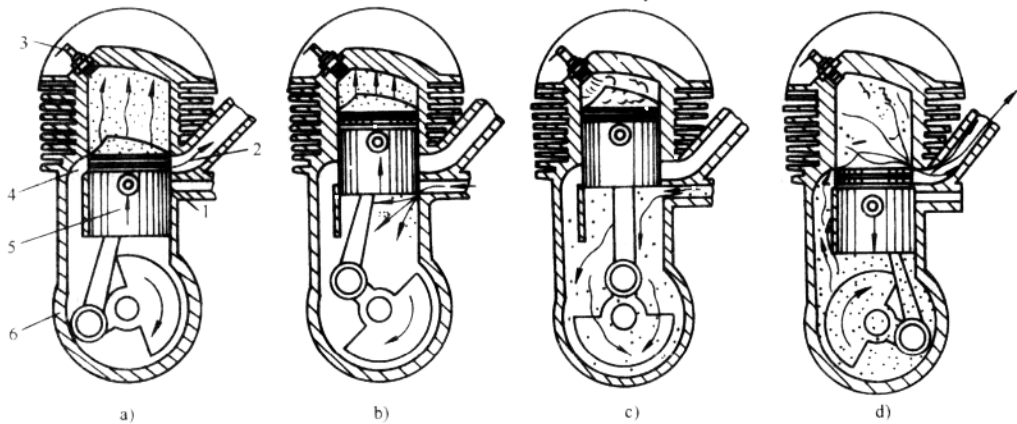


图 1-5 二冲程汽油机工作原理图

a) 压缩 b) 吸气 c) 膨胀 d) 扫气

1—进气口 2—排气口 3—火花塞 4—扫气口 5—活塞 6—曲轴箱

二、二冲程柴油机的工作原理

图 1-6 是二冲程柴油机的工作原理图。二冲程柴油机单独设一排气门 4，新鲜空气经气缸体上的进气口 2 进入气缸。为了提高进、排气效果，进气口安装有增压器 1。

第一冲程

活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点移动，当活塞关闭气缸上的进气口时，排气门也关闭，进入气缸的空气被压缩（图 1-6a）。当活塞行至上止点时，高压柴油从喷油器 3 喷入气缸并与空气混合燃烧（图 1-6b）。

第二冲程

混合气燃烧、膨胀，推动活塞从上止点向下止点移动。当活塞顶面接近进气口时，排气门开启，废气由于自身的压力而排出气缸（图 1-6c）。活塞继续下移至顶面低于进气口时，经增压器增压的新鲜空气由进气口进入气缸，扫除剩余的废气，并为下一工作循环做好准备（图 1-6d）。

二冲程柴油机的工作循环，即进气、压缩、燃烧、膨胀、排气这五个过程与汽油机是相同的。

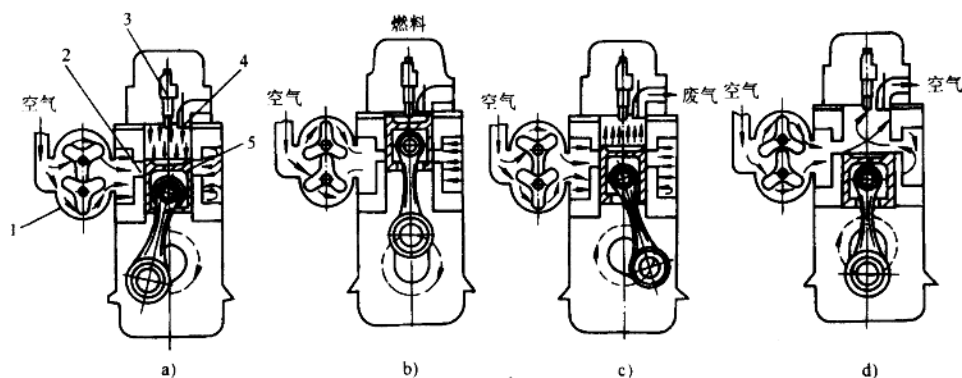


图 1-6 二冲程柴油机工作原理图

1—增压器 2—进气口 3—喷油器 4—排气门 5—活塞

第五节 柴油机与汽油机、二冲程与四冲程内燃机的比较

一、柴油机与汽油机的比较

1) 柴油机的压缩比高，燃气膨胀充分，膨胀终了燃气温度低，热能利用较好，比汽油机省燃料，而且柴油价格又比汽油低，因而柴油机使用经济性好。

2) 柴油机是压燃的，没有点火系统，所以故障较少。但起动困难。

3) 柴油机坚固耐用。

4) 柴油机缸内压力高，故工作粗暴、噪声大；零件强度要求高，故与同功率汽油机相比较，零件尺寸较大，比较笨重。

5) 柴油机中喷油泵和喷油器精度高，故制造成本较高。

因此，柴油机广泛应用于拖拉机、汽车、工程机械、机车、船舶上，而汽油机常用于客车、轻型汽车上。

二、二冲程与四冲程内燃机的比较

1) 二冲程内燃机大大缩短了辅助冲程时间，曲轴每转一圈即有一个冲程作功。因此，当排气量、转速和压缩比相同时，理论上，二冲程内燃机比四冲程内燃机功率大一倍，所以二冲程内燃机结构紧凑、轻巧、成本低。

2) 二冲程内燃机每两冲程即作一次功，所以运转平稳，飞轮尺寸可减小。

3) 二冲程汽油机在换气过程中，有一部分可燃混合气混杂在废气中被排出，因而损失一部分燃料，经济性较差，故二冲程汽油机在汽车上很少应用而多用作小功率的动力，如摩托车、小汽艇、手提式工具的动力等。

4) 二冲程柴油机换气过程中进入气缸的是空气，不会浪费燃料，故在大型船舶用的中、低速柴油机中采用较多。