

车用内燃机

CHEYONG
NEIRANJI

(第二版)

主编 黄英 孙业保



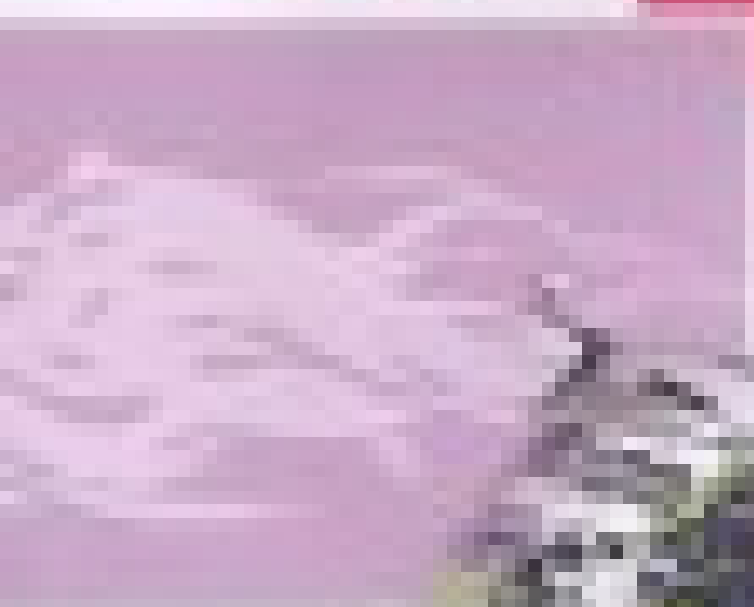
 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

车用内燃机

CHUYONG
NEIRANJI

第二版

王 强 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

车 用 内 燃 机

(第二版)

主 编	黄 英	孙业保
副主编	张付军	葛蕴珊
	郝利君	刘波澜

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以车用内燃机为主,详细介绍了内燃机的工作原理、结构特点和性能特点。全书共分十三章,前四章介绍内燃机的基本工作原理及基本构造,第五章至第十章分别介绍了内燃机的五大系统,第十一章介绍内燃机的特性与调节,第十二章和第十三章分别介绍了内燃机增压技术以及排放污染检测及控制技术。本书可作为高等院校车辆工程及其相关专业的教材,也可供有关汽车检测维修等方面的技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

车用内燃机/黄英,孙业保主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2007.9 (2012.1重印)
ISBN 978-7-81045-313-4

I. 车… II. ①黄…②孙… III. 汽车-内燃机 IV. U464

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第148648号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 17.75

字 数 / 343千字

版 次 / 2007年9月第2版 2012年1月第5次印刷

印 数 / 11501~13000册

定 价 / 32.00元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书在孙业保教授编写的《车用内燃机》原有讲义的基础上作了较大的改进编写而成。原书主要供车辆工程专业教学之用，已连续使用多年。

车辆是与大众生活有着密切联系的产品，随着技术的进步和人们对车辆性能要求的不断提高，车用内燃机的性能也得到了不断改善，尤其是排放性能。在排放法规的推动下，排放控制技术的发展日新月异，同时也推动车用内燃机的供油、燃烧、电子控制等技术的变革，从而使车用内燃机成为众多新技术的载体。

本书基于车用内燃机的最新研究成果重新编写了柴油机燃油供给系、内燃机的污染与控制两章，并对其他各章进行了不同程度的补充、改编与修订，力求使本书在内容上更贴近内燃机技术的发展前沿，从体系的编排和各章内容的组织上更适合本科教学的要求。

全书共分十三章，第一章、第二章和第十二章由郝利君副教授编写，第三章、第四章、第十三章由葛蕴珊教授编写，第五章由黄英副教授编写，第七章由张付军教授编写，第八章、第九章、第十章和第十一章由刘波澜副教授编写。全书由黄英副教授主编。

汪长民教授主审了本书的全部内容。

由于编者水平有限，书中难免有不当之处，欢迎读者批评指正。

编者

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 发动机的定义和分类	(1)
第二节 内燃机的优缺点及应用范围	(1)
第三节 车用内燃机的要求与基本类型	(2)
第四节 内燃机的常用术语	(3)
第五节 内燃机的简单工作原理	(5)
第六节 内燃机的总体构造	(8)
思考题	(12)
第二章 内燃机的实际工作过程与性能指标	(13)
第一节 进气过程	(13)
第二节 压缩过程	(17)
第三节 燃烧过程	(18)
第四节 膨胀过程与排气过程	(24)
第五节 内燃机的示功图	(25)
第六节 内燃机的性能指标	(27)
思考题	(31)
第三章 曲柄连杆机构	(32)
第一节 曲柄连杆机构的工作条件	(32)
第二节 汽缸体	(33)
第三节 汽缸盖和汽缸垫	(36)
第四节 风冷内燃机的汽缸体与汽缸盖	(37)
第五节 活塞组	(39)
第六节 连杆组	(47)
第七节 曲轴飞轮组	(48)
第八节 曲柄连杆机构中的作用力与力矩	(52)
第九节 内燃机的平衡与扭转振动	(54)
思考题	(62)
第四章 配气机构	(63)
第一节 配气机构的组成	(63)
第二节 配气机构主要零部件	(68)
第三节 配气相位和气门间隙	(74)
第四节 可变配气相位控制机构	(76)
第五节 二冲程内燃机的换气过程	(77)
思考题	(79)

第五章 汽油机燃油供给系	(80)
第一节 汽油机燃油供给系的功用与组成	(80)
第二节 可燃混合气成分与汽油机性能的关系	(81)
第三节 化油器式燃油供给系统可燃混合气的控制	(82)
第四节 电子控制汽油喷射系统及其可燃混合气的控制	(90)
第五节 主要零部件的结构及工作原理	(99)
第六节 进、排气装置	(106)
思考题	(111)
第六章 柴油机燃油供给系	(112)
第一节 柴油机燃油供给系的功用与组成	(112)
第二节 混合气的形成与燃烧室和喷油器	(114)
第三节 直列式喷油泵	(118)
第四节 转子式分配泵	(129)
第五节 柴油机燃油供给系的电子控制	(133)
思考题	(151)
第七章 汽油机的点火系	(153)
第一节 点火系与汽油机性能	(153)
第二节 点火系的类型与性能要求	(154)
第三节 蓄电池点火系的主要部件	(157)
第四节 电子点火系	(164)
第五节 电容放电式无触点磁电机点火系	(173)
第六节 汽车电源	(175)
思考题	(181)
第八章 冷却系	(182)
第一节 冷却系的功用及分类	(182)
第二节 水冷却系的组成及主要部件	(183)
第三节 冷却系的调节	(189)
第四节 风冷系	(191)
第五节 变速器机油冷却器	(193)
第九章 润滑系	(194)
第一节 内燃机润滑系的功用	(194)
第二节 内燃机润滑系的组成	(195)
第三节 润滑系的主要部件	(197)
第四节 曲轴箱通风	(202)
第十章 起动系	(204)
第一节 起动系的功用	(204)
第二节 电动机起动	(205)
第三节 改善起动性能的措施	(209)

第十一章 内燃机特性与调节	(212)
第一节 内燃机工况.....	(212)
第二节 速度特性.....	(213)
第三节 负荷特性.....	(221)
第四节 万有特性.....	(223)
第五节 内燃机功率标定及大气修正.....	(226)
第六节 内燃机与车辆的匹配.....	(227)
第十二章 内燃机增压	(230)
第一节 概述.....	(230)
第二节 内燃机增压.....	(231)
第三节 废气涡轮增压器.....	(232)
第四节 增压内燃机的特点.....	(236)
思考题.....	(237)
第十三章 内燃机的污染与控制	(238)
第一节 汽油机主要污染物及生成机理.....	(239)
第二节 柴油机主要污染物及生成机理.....	(241)
第三节 内燃机瞬态工况排放特性.....	(243)
第四节 汽油机排放控制技术.....	(245)
第五节 柴油机排放控制技术.....	(249)
第六节 排放测量与排放法规.....	(258)
第七节 排放诊断系统.....	(263)
第八节 在用车的排放测量技术.....	(267)
思考题.....	(273)
参考文献	(274)

第一章

绪论

第一节 发动机的定义和分类

发动机是汽车的动力源，它是将某一种形式的能量转化为机械能的装置。

将燃料燃烧所产生的热能转化为机械能的装置称为热力发动机，简称热机。

热力发动机按其能量转换型式及运动规律的不同可以分成若干种类型。

按能量转换型式不同可以分成内燃机与外燃机。凡是燃料燃烧后的产物直接推动机械装置作功的发动机称为内燃机，如活塞式内燃机、燃气轮机属于这一类；另一类是利用燃料对某一中间物质进行加热，再利用中间物质所产生的气体推动机械装置作功，这一类发动机称为外燃机，如蒸汽机、汽轮机、热气机都属于这一类。

若按运动规律分，则有往复运动式和旋转运动式两大类。往复运动式的有往复式活塞式发动机、蒸汽机和热气机；旋转运动式的有旋转活塞式发动机、汽轮机和燃气轮机。

内燃机具有热效率高、体积小、质量轻、便于移动以及起动性能好等优点，因而广泛应用于汽车、拖拉机、坦克等各种车辆上。但是，内燃机一般要求使用石油燃料，同时排出的废气中所含有害气体成分较多。为解决能源与大气污染的问题，各种代用燃料的开发方兴未艾，目前代用燃料主要有：合成液体燃料、天然气、液化石油气、醇类、氢气等燃料。此外，国内外还推出多种新能源汽车，包括电动汽车、混合动力汽车、太阳能汽车等，为汽车工业的可持续发展开辟了广阔的天地。

本书主要介绍车用发动机的主要结构形式——往复式活塞式内燃机。

第二节 内燃机的优缺点及应用范围

往复式活塞式内燃机（简称内燃机）从产生到现在已有一百多年的历史，经过不断的改进和发展，已经达到相当完善的程度，在工作可靠性和经济性上与其他几种热机相比具有很大的优越性。

内燃机的主要优点是：

(1) 经济性好。它是热效率最高的热机，现有各种热机的热效率 η_i 如下：

蒸汽机 $\eta_i = 4\% \sim 8\%$

汽轮机 $\eta_i = 14\% \sim 38\%$

燃气轮机 $\eta_i = 18\% \sim 32\%$

内燃机 $\eta_i = 20\% \sim 46\%$

(2) 外形尺寸小、质量轻,便于移动。

(3) 功率范围广。单机功率可从零点几千瓦到上万千瓦,适用范围广。其他热机都达不到这种适应性。

(4) 起动迅速。正常起动只需几秒钟,并能很快地达到全负荷。

(5) 水的消耗量少,特别是风冷机根本不需要水,这在缺水地区使用具有绝对优势。

(6) 维护简单,操作方便。

内燃机目前仍存在着如下一些缺点:

(1) 燃料限制。在内燃机中只能直接使用液体燃料或气体燃料。

(2) 废气中的有害成分是大气污染的主要来源。

(3) 运转时噪声大。内燃机噪声是城市噪声的主要来源。

(4) 低速时难以获得大转矩。而且当内燃机转速低于标定转速的 $1/3 \sim 1/4$ 时就不能保证正常工作。因此以内燃机为动力的车辆,必须设置变速机构才能满足要求。

内燃机的应用范围极其广泛,交通运输、工程机械、农业机械、矿山、船舶等国民经济重要部门与军用领域所需动力,绝大多数来自内燃机。

第三节 车用内燃机的要求与基本类型

内燃机作为车辆的动力,它的性能好坏,对车辆使用性能有着极大影响。为此,作为车用动力的内燃机必须满足以下基本要求:

(1) 经济性好,即燃油消耗率低。

(2) 外廓尺寸小、质量轻。

(3) 工作可靠。

(4) 起动性与加速性好。

(5) 废气污染少、噪声低。

(6) 使用、维修、保养简便。

(7) 成本低、寿命长。

车用内燃机的形式很多,根据其所使用的燃料、气体循环与曲柄连杆机构运动的对应关系、进气方式及冷却方式大致可分成以下几种类型:

按所使用的燃料,往复式内燃机又可以分为柴油机、汽油机、天然气发动机、液化石油气发动机、甲醇发动机、氢气发动机等。

按工作循环所需行程数,发动机又可以分为二冲程发动机和四冲程发动机两种。四冲程发动机由四个工作行程(曲轴旋转两周)完成一个循环;两冲程发动机由两个行程(曲轴旋转一周)完成一个工作循环。

按着火方式可以分为压燃式和点燃式发动机。压燃式发动机首先将进入汽缸的空气进行压缩,使被压缩的空气温度超过燃料的着火温度,这时将燃料喷入燃烧室内,即可自行着火燃烧,压燃式发动机如柴油机;点燃式发动机则利用火花塞放电所释放的能量,点燃混合气着火燃烧,点燃式发动机的代表是汽油机和煤气机。

按进气方式内燃机又可以分为增压和非增压两大类。增压发动机利用增压器将进气压力提高到周围大气压力以上，以增加进入汽缸内的混合气质量，提高发动机输出功率。

按冷却方式发动机又可以分为水冷发动机和风冷发动机两大类。水冷发动机以冷却液作为冷却介质；风冷发动机直接用空气进行冷却。

第四节 内燃机的常用术语

汽油机结构简图见图 1-1。汽缸顶部设有进气门和排气门，汽缸内装有活塞，活塞通过活塞销、连杆与曲轴相连接，活塞在汽缸内作往复运动，通过连杆推动曲轴旋转。

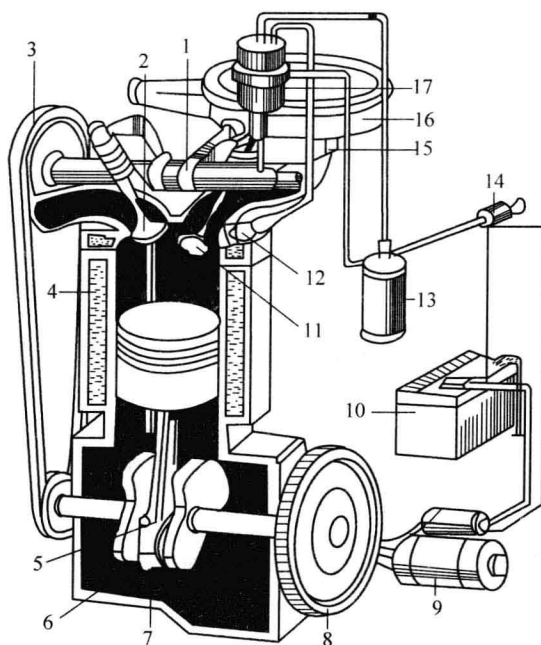


图 1-1 汽油机构造简图

- 1—凸轮轴；2—排气门；3—正时皮带；4—冷却液；5—曲轴；6—润滑油；
7—油底壳；8—飞轮；9—起动机；10—蓄电池；11—进气门；12—火花塞；
13—点火线圈；14—点火开关；15—化油器；16—空气滤清器；17—分电器

内燃机常用的基本术语和参数见图 1-2。

1. 上止点

活塞在汽缸中运动所达到的距离曲轴旋转中心最远的位置称上止点。

2. 下止点

活塞在汽缸中运动所达到的距离曲轴旋转中心最近的位置称下止点。

3. 活塞行程

活塞上、下止点之间的距离称活塞行程，一般用 S 表示。

4. 曲柄半径

曲轴旋转中心到曲柄销中心之间的距离称为曲柄半径，用 R 表示。

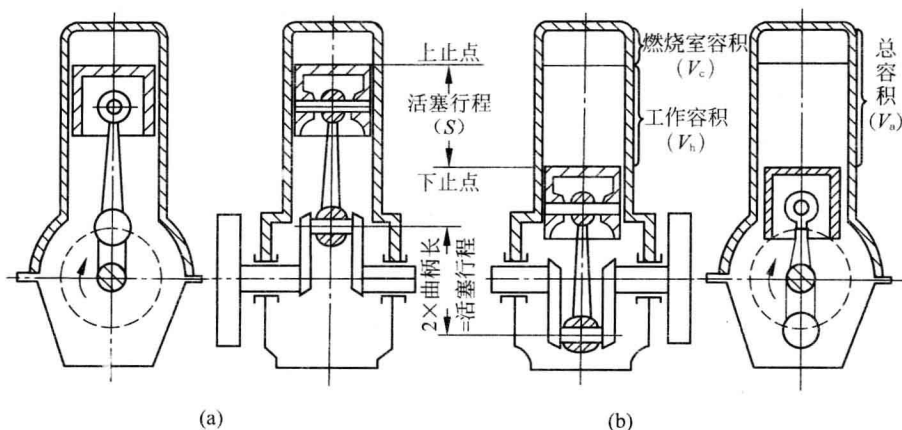


图 1-2 内燃机基本术语和参数
(a) 活塞在上止点位置; (b) 活塞在下止点位置

$$S=2R \quad (1-1)$$

即: 活塞行程为曲柄半径的两倍。

5. 燃烧室容积

活塞在上止点时, 其顶部以上与缸盖底平面之间的空间容积称燃烧室容积, 以 V_c 表示。燃烧室容积是活塞在汽缸中运动所能达到的最小容积。

6. 汽缸总容积

活塞在下止点时, 其顶部以上与缸盖底平面之间的空间容积称汽缸总容积, 以 V_a 表示。汽缸总容积是活塞在汽缸中运动所能达到的最大容积。

7. 汽缸工作容积

活塞从上止点运动到下止点 (或由下止点运动到上止点) 所扫过的容积称为汽缸工作容积, 以 V_h 表示。

燃烧室容积 V_c 、汽缸总容积 V_a 和汽缸工作容积 V_h 存在如下关系:

$$V_h = V_a - V_c \quad (1-2)$$

8. 内燃机排量

汽缸工作容积与汽缸数的乘积就是内燃机排量, 以 V_H 表示。

$$V_H = V_h i = \frac{\pi D^2}{4} S i \times 10^{-6} \quad (L) \quad (1-3)$$

式中, D —汽缸直径, mm;

S —活塞行程, mm;

i —汽缸数。

9. 压缩比

汽缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比, 以 ϵ 表示。

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} \quad (1-4)$$

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时汽缸内气体被压缩的程度, 压缩比是发动机的重要参数之一。现代汽车发动机的压缩比, 汽油机一般为 8~12, 柴油机则为 12~22。

10. 工作循环

内燃机汽缸中的气体由进气开始, 历经压缩、燃烧、膨胀及排气等一系列的连续过程, 这一系列连续过程统称为一个工作循环。

第五节 内燃机的简单工作原理

由于四冲程内燃机与二冲程内燃机的工作原理从汽缸中气体的工作循环来说是相同的, 但从气体的工作循环与曲柄连杆机构运动的配合关系来说又是不同的, 必须将它们分别进行介绍。

一、四冲程内燃机的工作原理

1. 四冲程汽油机工作原理

四冲程汽油机的工作循环由进气、压缩、作功和排气四个活塞行程组成, 见图 1-3, 分述如下:

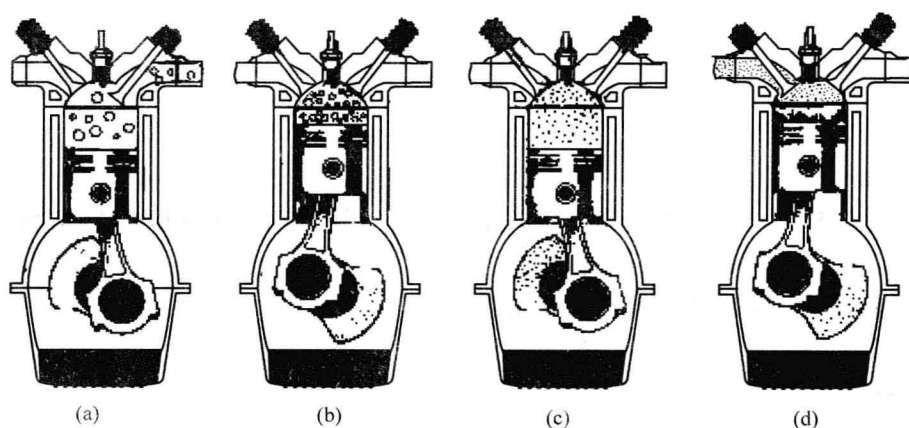


图 1-3 四冲程汽油机工作循环

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 作功行程; (d) 排气行程

(1) 进气行程。进气行程中, 进气门开启, 排气门关闭, 活塞由上止点向下止点移动, 活塞上方的汽缸容积增大, 产生真空度, 汽缸内压力降到进气压力以下, 在真空吸力作用下, 在化油器 (或汽油喷射装置) 中形成的可燃混合气由进气道和进气门吸入汽缸内。当活塞到达下止点时, 进气门关闭, 进气过程终了。

(2) 压缩过程。由于曲轴连续旋转, 通过连杆推动活塞继续由下止点向上运动, 此时进、排气门都关闭。随着活塞上行, 活塞顶部的汽缸容积不断减小, 汽缸中气体被压缩, 气体的压力和温度不断上升。当活塞到达上止点, 汽缸容积减小到燃烧室容积, 此时汽缸中气体的压力和温度达到了压缩过程中的最大值, 压缩过程终了。

(3) 作功行程 (膨胀行程)。在压缩行程接近上止点时, 装在汽缸盖上方的火花塞发出电火花, 点燃所压缩的可燃混合气。此时, 进、排气门仍处于关闭状态, 可燃混合气燃烧后放出大量的热量, 缸内燃气压力和温度迅速上升, 推动活塞快速向下止点移动, 通过曲柄连杆机构对外作功。

(4) 排气行程。作功行程接近终了时, 排气门开启, 开始排气过程。由于曲轴连续旋转而推动活塞继续上移, 将汽缸中的废气通过排气管推出汽缸外, 活塞到达上止点, 排气门关闭, 排气过程终了。

四冲程汽油机经过进气、压缩、作功、排气四个行程完成一个工作循环, 在这个过程中, 活塞上下往复运动四个行程, 相应的曲轴旋转两周。

2. 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机工作循环与四冲程汽油机工作循环基本类似, 也是由进气、压缩、作功和排气四个行程组成。但由于它们所使用的燃料(汽油与柴油)的物理、化学性质(如黏度、蒸发性、燃点等)的差别, 因此在燃料雾化及与空气形成混合气的方式上, 以及混合气着火方式上, 都有区别。

首先, 在燃料雾化及与空气形成混合气的方式上, 柴油机在进气行程中吸入的是纯空气, 在压缩行程接近终了时, 通过喷油泵将柴油压力提高到 $10\text{MPa}\sim 100\text{MPa}$ 以上, 再通过安装在燃烧室内的喷油器将高压燃油喷入汽缸, 通过喷射的油雾与缸内气流运动以及燃烧室形状的配合, 在很短的时间内在缸内形成可燃混合气。由于柴油与空气形成混合气的时间很短(在压缩上止点附近很小的曲轴转角范围内), 混合空间很小(在燃烧室容积内), 因此柴油机混合气的混合质量比汽油机的要差, 是很不均匀的。

其次, 在点火方法上, 柴油机没有专门的点火系。由于柴油机压缩比较高(非增压柴油机一般为 $16\sim 22$), 所以压缩终了时汽缸压力可达 $3.5\text{MPa}\sim 4.5\text{MPa}$, 温度高达 $750\text{K}\sim 1000\text{K}$, 远高于柴油的自燃温度。所以柴油在喷入汽缸后, 经过短暂的物理、化学方面的准备后即着火燃烧。由于柴油机是压缩后自行着火的, 因此柴油机又称压燃式内燃机。

3. 汽油机与柴油机的特点及应用范围

汽油机相对于柴油机来说, 其主要优点是:

- (1) 在相同功率条件下, 其尺寸与质量都较小, 使用转速较高。
- (2) 转矩特性好, 起动、加速性能较好。
- (3) 运转平稳, 振动噪声小, 工作较柔和。
- (4) 制造成本较低。

而柴油机相对于汽油机来说, 其主要优点是:

- (1) 燃油消耗率低, 而且在变工况的条件下燃油消耗率的变化较小, 可以在较大的负荷变化范围内取得较低的燃油消耗率。
- (2) 柴油的闪点较高, 在运输、储存过程中较为安全。
- (3) 废气中的有害成分含量较低。

由于汽油机与柴油机各具优点, 因此在现代车辆中, 汽油机与柴油机都获得了广泛的应用。一般的说, 中型、重型载重汽车、拖拉机、工程机械及农用内燃机出于经济性的考虑, 绝大多数都采用柴油机; 小轿车由于考虑到要求尺寸、质量小, 起动、加速性能好, 舒适性好等条件, 广泛地采用了汽油机。

如今, 现代柴油汽车已在重中型车中基本取得了垄断地位, 柴油机在轻型汽车中占有了 $30\%\sim 40\%$ 的比例, 且占有的比例正在逐步上升。在能源紧张的欧洲大陆和日本, 柴油机轿车占有一定的比例。世界轿车的柴油化程度正在不断提高。

二、二冲程内燃机的工作原理

1. 二冲程汽油机工作原理

与四冲程发动机不同，二冲程发动机在两个行程内完成一个工作循环，即曲轴转一圈，发动机对外作功一次。

二冲程汽油机工作原理示意图见图 1-4，发动机汽缸上有三种气口，通过活塞控制完成充量更换。

二冲程发动机的工作循环由第一行程和第二行程两个行程组成。

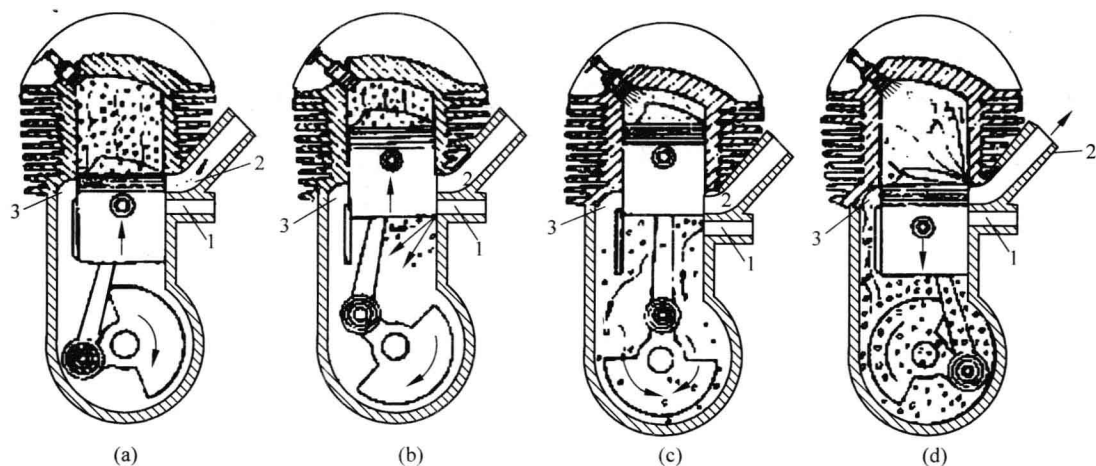


图 1-4 二冲程汽油机示意图

(a)、(b) 第一行程；(c)、(d) 第二行程

1—进气口；2—排气口；3—扫气口

第一行程 活塞自下止点向上移动，依次关闭扫气口和排气口（见图 1-4 (a)），开始压缩活塞上方的可燃混合气。随活塞继续上行，曲轴箱内形成真空度（二冲程汽油机曲轴箱必须是密闭的），待进气口露出时，在大气压力作用下，可燃混合气通过进气口开始流入曲轴箱（见图 1-4 (b)）。

第二行程 在活塞上行到接近上止点附近时，火花塞跳火，点燃缸内可燃混合气（见图 1-4 (c)），燃烧气体产生的高温、高压迫使活塞越过上止点后向下移动，膨胀作功。与此同时关闭进气口，压缩曲轴箱内的混合气。待排气口开启时，废气经由排气口排出，而新鲜混合气则由扫气口进入汽缸内，扫除废气（见图 1-4 (d)）。

上述废气被新鲜混合气扫除并取代的过程，称为二冲程汽油机的换气过程。

与四冲程汽油机相比，二冲程汽油机具有以下优点：

- (1) 曲轴转一圈便完成一个工作循环，因此二冲程汽油机升功率比四冲程汽油机高。
- (2) 没有专门的配气机构，因此二冲程汽油机结构简单，成本低。

由于二冲程汽油机换气过程不可避免地有一部分可燃混合气随同废气排出，因此导致传统二冲程汽油机排放产物中 HC 含量较高，发动机比油耗高；同时汽油机每转一圈均作功一次，发动机热负荷高，噪声大。

由于以上原因，二冲程汽油机广泛应用于摩托车、摩托艇、植保机械等领域，在汽车上

较少使用。随着技术的进步,汽油机缸内直接喷射技术的发展有望解决二冲程汽油机的排放差和油耗高的缺点,使传统的二冲程技术焕发生机。

2. 二冲程柴油机的工作原理

二冲程柴油机的工作循环同样由第一行程和第二行程两个行程组成,所不同的进入汽缸内的不是可燃混合气,而是纯空气。带有扫气泵的二冲程柴油机工作原理示意图见图 1-5。新鲜空气由扫气泵增压后经汽缸外部空气室和缸壁进气口进入汽缸内,废气经由汽缸盖上的排气口排出。

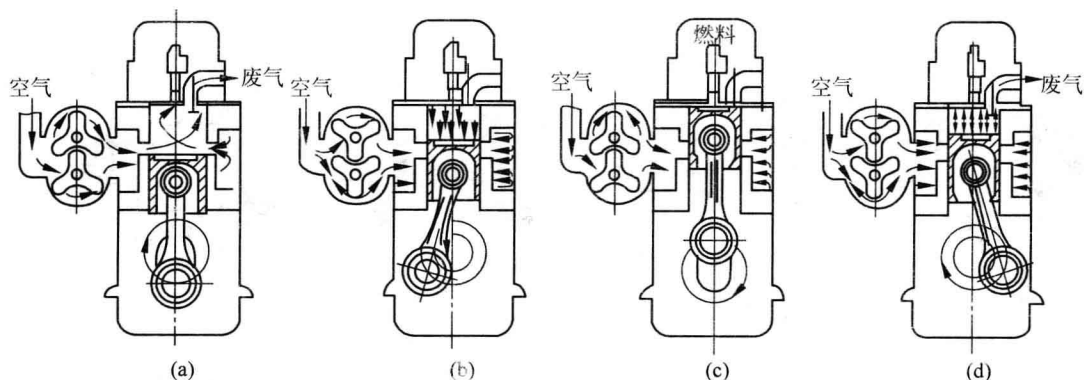


图 1-5 二冲程柴油机工作原理示意图

(a)、(b) 第一行程; (c)、(d) 第二行程

第一行程: 活塞自下止点向上止点运动, 行程开始时, 进气口和排气门均开启, 利用来自扫气泵的空气 ($0.12\text{MPa} \sim 0.14\text{MPa}$) 使汽缸换气 (见图 1-5 (a))。当活塞继续上移, 进气口关闭, 排气门关闭, 开始压缩缸内空气 (见图 1-5 (b))。活塞接近上止点时, 缸内压力可达 3MPa , 温度达 $800\text{K} \sim 1000\text{K}$, 高压燃油喷入汽缸内即自行着火燃烧, 汽缸内压力、温度急剧升高。(见图 1-5 (c))。

第二行程: 活塞受高温、高压气体作用自上止点向下运动, 对外做功 (见图 1-5 (d))。活塞下行 $2/3$ 行程时排气门开启, 排出废气, 汽缸内压力、温度降低, 进气口开启, 进行换气。换气过程一直进行到进气口完全被遮蔽为止, 这时活塞向上移动 $1/3$ 左右行程的距离。

同二冲程汽油机相比, 二冲程柴油机用纯空气扫除废气, 不存在燃油短路损失, 因此经济性和排放特性均比二冲程汽油机好。

第六节 内燃机的总体构造

一、内燃机的基本组成

作为车用动力, 各种类型的内燃机 (汽油机或柴油机、四冲程或二冲程、水冷或风冷) 其基本工作原理都是相同的。要完成进气、压缩、燃烧、膨胀和排气等一系列过程, 并且要保证工作可靠, 因此车用内燃机必须具备以下一些机构和系统:

(1) 曲柄连杆机构。是内燃机实现两个“转换”的主要部分。它的作用是将燃料的热能

转换成机械功，将活塞的直线运动转换成曲轴的旋转运动，以达到向车辆传动装置输出功率的目的。曲柄连杆机构包括固定件（机体）与运动件（活塞连杆、曲轴）两大部分，它占据内燃机零件数的大部分。

（2）配气机构。其作用是按时开启或关闭气门或气口，以保证新鲜混合气或空气充入汽缸或将废气排出汽缸外。

（3）燃料供给系。汽油机燃料供给系是将汽油和空气加以混合，并将组成的可燃混合气供入汽缸；柴油机燃料供给系是将柴油按时喷入汽缸，与进入汽缸的空气组成可燃混合气。另外，将燃烧之后的废气排出汽缸。

（4）润滑系。其作用是保证不间断地将机油输送到内燃机所有需要润滑的部位，以减少机件的磨损，降低摩擦功率的损耗，并对零件表面进行清洗和冷却。

（5）冷却系。其作用是将受热机件的热量散发到大气中去，以保证内燃机在最佳温度状况下工作。

（6）起动系。其作用是将内燃机由静止状态起动到自行运转的状态。

（7）点火系。其作用是按时将汽油机汽缸中的可燃混合气点燃。

一般车用汽油机都是由以上两大机构和五大系统组成。一汽奥迪 100 型轿车 JW 四缸发动机的结构示意图见图 1-6。

二、多缸内燃机的汽缸排列

现代车用内燃机，除了小功率的手扶拖拉机、摩托车或小型翻斗车采用单缸外，其他多采用多缸机。所谓多缸机，是指两个或两个以上汽缸所组成的内燃机。

当功率相同时，采用多缸机比使用单缸机具有更多的优越性：

（1）缸数增多后，缸径减小，有利于内燃机的总体布置，并减小外廓尺寸。

（2）由于缸径减小，活塞与连杆的尺寸与质量可相应减小，使工作中的惯性力大幅度下降，这就可以提高曲轴转速，进而提高内燃机的升功率。

（3）由于缸数增多，曲轴输出的转矩均匀性较好，内燃机运转平稳。

（4）缸数增多，有利于改善内燃机的平衡性，减少振动。

（5）缸数多有利于起动。

多缸机的主要缺点在于：结构复杂化，零件数增多，调整量增大，维修较复杂。另外，多缸机由于散热表面积较大，热量损失较单缸机要多些，对内燃机的有效效率有所影响。

多缸机缸数的选择要适当，并不是越多越好。缸数选择的主要依据是内燃机的有效功率，目前车用内燃机采用较多的是 4 缸、6 缸、8 缸及 12 缸。其中汽车用内燃机功率约为 55kW~170kW 之间，一般采用 4 缸、6 缸、8 缸；大型载重车用内燃机功率约为 200kW 以上，一般采用 8 缸、10 缸或 12 缸；排量在 1 升以下的微型面包车大多采用 2 缸或 3 缸，少数采用 4 缸。

多缸内燃机的汽缸排列型式可以分成单列式和多列式两大类（见图 1-7）。单列式多缸机各缸排成一列，又称直列式；多列式多缸机各汽缸的排列可以有 V 形、对置式等。

直列式内燃机（见图 1-7（a））结构简单、维修方便，但当汽缸数超过 6 时，长度太大会引起一系列的问题（如刚度不足、扭转振动等），因此直列式一般用于汽缸数不超过 6 的内燃机上，缸数超过 6 时，则应考虑采用多列式。