

高等职业教育规划教材

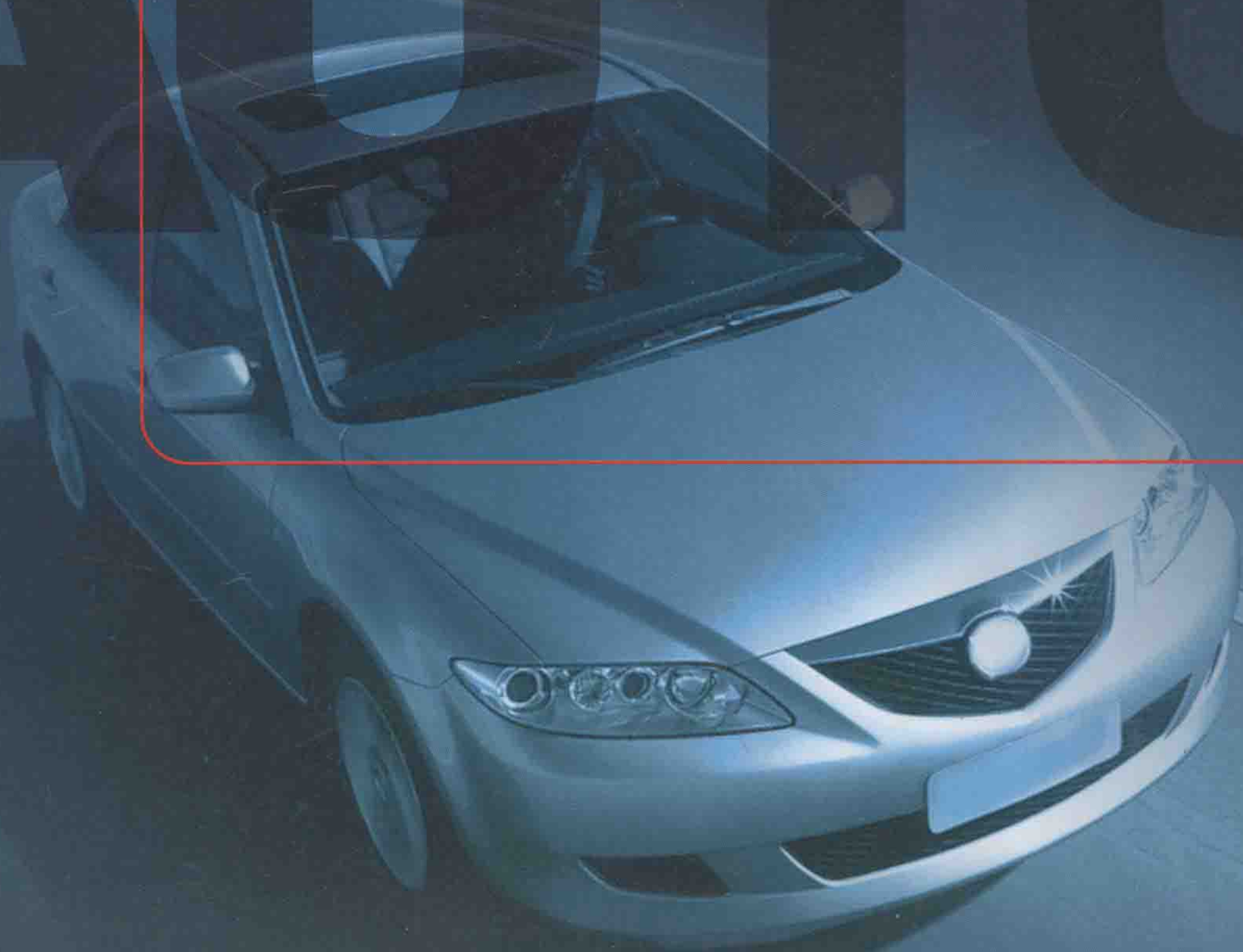


华泽教育
Waltz Education

汽车发动机构造与维修

QICHE FADONGJI GOUZAO YU WEIXIU

主 编 祁翠琴



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

高等职业教育规划教材

汽车发动机构造与维修

主 编 祁翠琴

副主编 朱晓红 黄理经

参 编 胡孟谦 鄢 玉 闫炳强

主 审 卢 明



同济大学出版社

TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书共 12 章,系统地介绍了发动机的工作原理、曲柄连杆机构的构造与维修、配气机构的构造与维修、润滑系构造与维修、燃料系构造与维修、汽油喷射系统构造与维修、柴油机燃料系构造与维修、电控柴油机构造与维修、发动机综合故障诊断与排除等内容。每章均有知识目标、能力目标、相关链接、同步测试等。全书内容全面,条理清晰,通俗易懂,实用性强。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车电子技术、汽车营销等专业的教材,也适用于五年制高职、中职相关专业使用,并可作为社会从业人员的业务参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修 / 祁翠琴主编. —上海:同济大学出版社, 2010.9

ISBN 978-7-5608-4279-0

I. ①汽… II. ①祁… III. ①汽车—发动机—构造 ②汽车—发动机—车辆修理 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 161398 号

高等职业教育规划教材

汽车发动机构造与维修

主 编 祁翠琴

责任编辑 张平官 策 划 华 泽 责任校对 徐春莲 封面设计 华 泽

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常熟华顺印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 23

印 数 1—4 100

字 数 570 000

版 次 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4279-0

定 价 39.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

高等职业教育规划教材

《汽车系列教材》编审委员会

主 任

宋德朝 同济大学教授 博导

副主任

王世震 教育部高职高专汽车类专业教学指导委员会副主任委员

陈 明 教育部高职高专汽车类专业教学指导委员会委员

林在犁 教育部高职高专汽车类专业教学指导委员会委员

祁翠琴 教育部高职高专汽车类专业教学指导委员会委员

卢 明 教育部高职高专汽车类专业教学指导委员会委员

汤定国 交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修专业指导委员会副主任委员

屠卫星 交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修专业指导委员会委员

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁在明 山东交通职业学院

任成尧 山西交通职业技术学院

朱忠伦 安徽交通职业技术学院

李 鹏 郑州交通职业学院

杨柳青 安徽交通职业技术学院

姜铁均 上海大学巴士汽车学院

骆孟波 河北交通职业技术学院

夏令伟 无锡南洋职业技术学院

傅 强 浙江汽车工业职业技术学院

前 言

职业教育要办出特色,教材建设是关键。本教材在编写过程中注意了职业教育的特点,教材内容侧重于理论知识的应用,强调理论联系实际和对学生的实践训练,贯彻以应用为目的,力求做到重点突出、少而精、文字精炼,内容讲解深入浅出,通俗易懂,易教易学。

本教材是依据高职高专教育的人才培养模式和宗旨,以培养学生的综合素质为主线,注重学生实践操作能力的培养。深入浅出地突出了业务管理的特点,突出了以培养学生技术应用能力为主线的高职高专教育与人才培养模式的特征,体现了高职教育的课程教学特色。

本书由河北工业职业技术学院祁翠琴主编,朱晓红、黄理经任副主编。其中,第1章、第2章、第3章、第5章由祁翠琴编写,第4章、第6章由朱晓红编写,第7章、第8章由胡孟谦编写,第9章、第10章由鄢玉编写,第11章、第12章由闫炳强编写。黄理经对1~6章进行了协助统稿,教育部高职高专汽车类专业教学指导委员会委员卢明主审,他在审阅过程中提出了宝贵的修改意见,在此致以衷心的感谢。

汽车工业的发展日新月异,发动机的结构与维修创新不断,由于笔者水平有限,书中欠妥之处在所难免,欢迎指正。

如需了解本书相关信息或提出意见建议,请登录www.huaze021.com.cn或与上海华泽客服联系(021-65510115, huaze021@vip.163.com)。

编 者

2010年9月

目 录

前 言

1 总 论	1
1.1 发动机总体构造	1
1.2 发动机工作原理	8
1.3 发动机的性能指标	15
同步测试	19
2 曲柄连杆机构	22
2.1 曲柄连杆机构的构造	22
2.2 曲柄连杆机构的维护与检修	41
2.3 曲柄连杆机构的故障诊断	55
同步测试	61
3 配气机构	66
3.1 配气机构的组成	66
3.2 配气机构的检修	85
3.3 配气机构的检查与调整	93
3.4 配气机构的故障诊断	96
3.5 可变进气系统和配气相位	98
同步测试	109
4 汽油机燃料供给系统	112
4.1 概 述	112
4.2 可燃混合气	113
4.3 供给系统的其他装置	116
同步测试	128
5 电控汽油喷射系统	130
5.1 概 述	130
5.2 主要部件结构及工作原理	136
5.3 电控系统及主要部件的检修	155
5.4 电控汽油喷射系统的故障诊断	168
同步测试	175
6 柴油机燃料供给系统	179
6.1 概 述	179
6.2 喷油器	184

6.3	喷油泵	187
6.4	调速器	198
6.5	柴油机燃料供给系统的辅助装置	202
6.6	柴油机燃料供给系统的检修	207
6.7	柴油机燃料供给系统的调试	211
	同步测试	219
7	柴油机电控系统	221
7.1	概 述	221
7.2	电控柴油喷射系统	222
	同步测试	245
8	发动机冷却系	246
8.1	冷却系	246
8.2	冷却系的维护与检修	259
8.3	水冷却系常见故障的诊断与排除	262
	同步测试	268
9	发动机润滑系	269
9.1	润滑系	269
9.2	润滑系维护与检修	278
9.3	润滑系的故障诊断	283
	同步测试	286
10	发动机装配与试验	288
10.1	发动机装配与调整	288
10.2	发动机试验	299
	同步测试	305
11	发动机综合故障诊断与排除	307
11.1	发动机异响的诊断	307
11.2	发动机综合故障的诊断与排除	315
	同步测试	336
12	其他型式的发动机	338
12.1	转子发动机	338
12.2	气体燃料发动机	347
12.3	直接喷射式汽油机	353
12.4	汽车混合动力技术发展现状及前景	355
	同步测试	359
	参考文献	360

1 总论



学习目标

知识目标

- ◎ 熟悉发动机的基本结构、分类、发动机的常用术语定义。
- ◎ 熟悉发动机的基本工作原理。
- ◎ 掌握国产发动机的编号规则和发动机总体构造。
- ◎ 熟悉发动机主要性能指标的定义和作用。

能力目标

- ◎ 汽车发动机总体结构的认知能力,掌握发动机各部件的结构、安装位置及拆装步骤。

1.1 发动机总体构造

1.1.1 发动机组成

发动机是汽车的动力装置,是汽车的“心脏”。它的发明和发展给汽车注入了强劲的动力。现代发动机的设计和制造技术使它可以满足大众对汽车性能和环境保护的要求。

发动机是一部由许多机构和系统组成的复杂机器,其结构形式多种多样,其具体构造也千差万别,但由于基本工作原理相同,所以其基本结构也就大同小异。发动机是由两大机构和五大系统组成的,即曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、润滑系、冷却系、起动系和点火系(柴油机没有)组成。汽车发动机的结构如图 1-1 所示。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成。其作用是将燃料燃烧所产生的热能经机构由活塞的直线往复运动转变为曲轴旋转运动而对外输出动力。机体还是发动机各个机构、各个系统和一些其他部件的安装基础,并且,机体的许多部分还是配气机构、燃料供给系、冷却系和润滑系的组成部分。

2. 配气机构

配气机构由气门组和气门传动组两部分组成。其作用是按照发动机各缸工作顺序和工作循环的要求,定时地将各缸进、排气门打开或关闭,以便发动机进行换气过程。

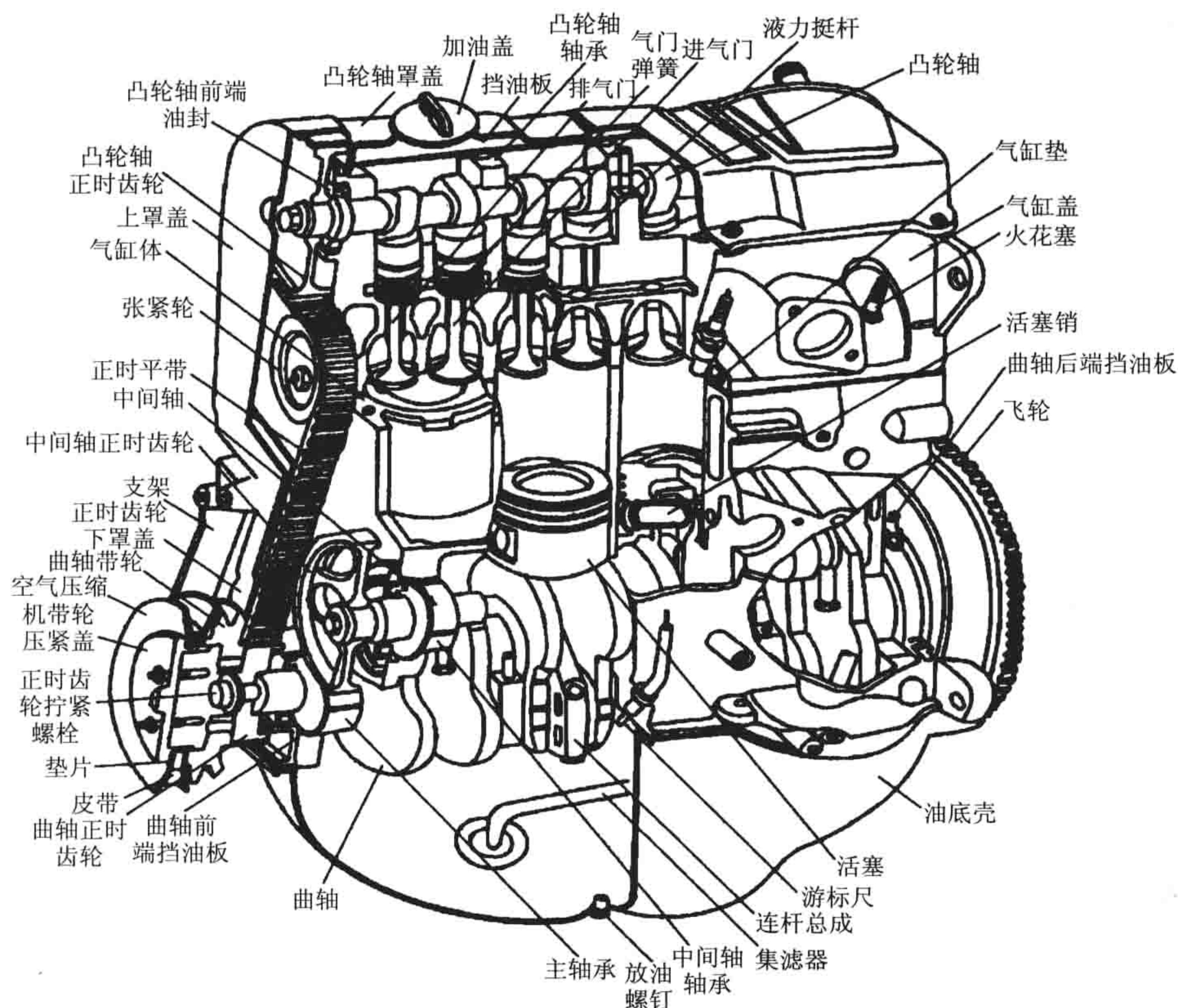


图 1-1 汽车发动机的结构

3. 燃料供给系

汽油机燃料供给系和柴油机燃料供给系由于供油系和燃烧过程不同,在结构上有很大区别,汽油燃料供给系又分化油器式和燃油直接喷射式两种,通常所用的化油器式燃料供给系由燃油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进排气歧管和排气消声器等组成。其作用是根据发动机不同工况的要求,配制一定数量和浓度的可燃混合气,供入气缸,并在燃烧做功后将燃烧后的废气排出气缸。

柴油机燃料供给系由燃油箱、输油泵、喷油泵、柴油滤清器、进排气管和排气消声器等组成。其作用是向气缸内供给纯空气并在规定时刻向缸内喷入定量柴油,以调节发动机输出功率和转速,最后,将燃烧后的废气排出气缸。

4. 冷却系

冷却系有水冷式和风冷式两种,现代汽车一般都采用水冷式。水冷式冷却系由水泵、散热器、风扇、分水管、节温器和水套(在机体内)等组成。其作用是利用冷却水冷却高温零件,并通过散热器将热量散发到大气中去,从而保证发动机在正常温度状态下工作。

5. 润滑系

润滑系由机油泵、限压阀、集滤器、机油滤清器和油底壳等组成。其作用是将润滑油分送至各个摩擦零件的摩擦表面,以减小摩擦力,减缓机件磨损,并清洗、冷却摩擦表面,从而延长发动机的使用寿命。



6. 起动系

起动系由起动机和起动继电器等组成。其作用是带动飞轮旋转以获得必要的动能和起动转速,使静止的发动机起动并转入自行运转的状态。

7. 点火系

汽油机点火系由电源(蓄电池和发电机)、点火线圈、分电器和火花塞等组成,其作用是按发动机点火顺序和点火时刻的规律,向气缸内提供电火花以点燃缸内的可燃混合气。



相关链接

汽车发动机发展简史

1860年,法国人雷诺研制成功了世界第一台实用的煤气机(单缸、二行程、无压缩,输出功率为0.74~1.47kW,转速为100r/min,热效率为4.5%)。

1862年,法国工程师德罗沙提出了著名的等容积燃烧四行程循环(进气、压缩、燃烧膨胀、排气)理论,目前的汽车发动机四行程原理仍然采用该理论。

1876年,德国人奥托制成第一台实用的四行程煤气机(单缸、卧式、以煤气为燃料、功率大约为2.21kW,转速为180r/min,热效率达到14%)。

1883年,德国人戴姆勒制成了第一台四行程往复式汽油机,采用化油器雾化汽油,用白炽灯管点火,汽油机转速达800~1 000r/min。

内燃机汽车的诞生

世界上第一辆汽车是由卡尔·本茨(1844—1929)于1886年1月29日发明的。

1879年,德国工程师卡尔·本茨首次实验成功了一台二行程试验性发动机。

1883年,本茨创立了“本茨公司和本茨莱茵发动机厂”。

1885年,他在曼海姆制成第一辆本茨专利发动机汽车(图1-2)。

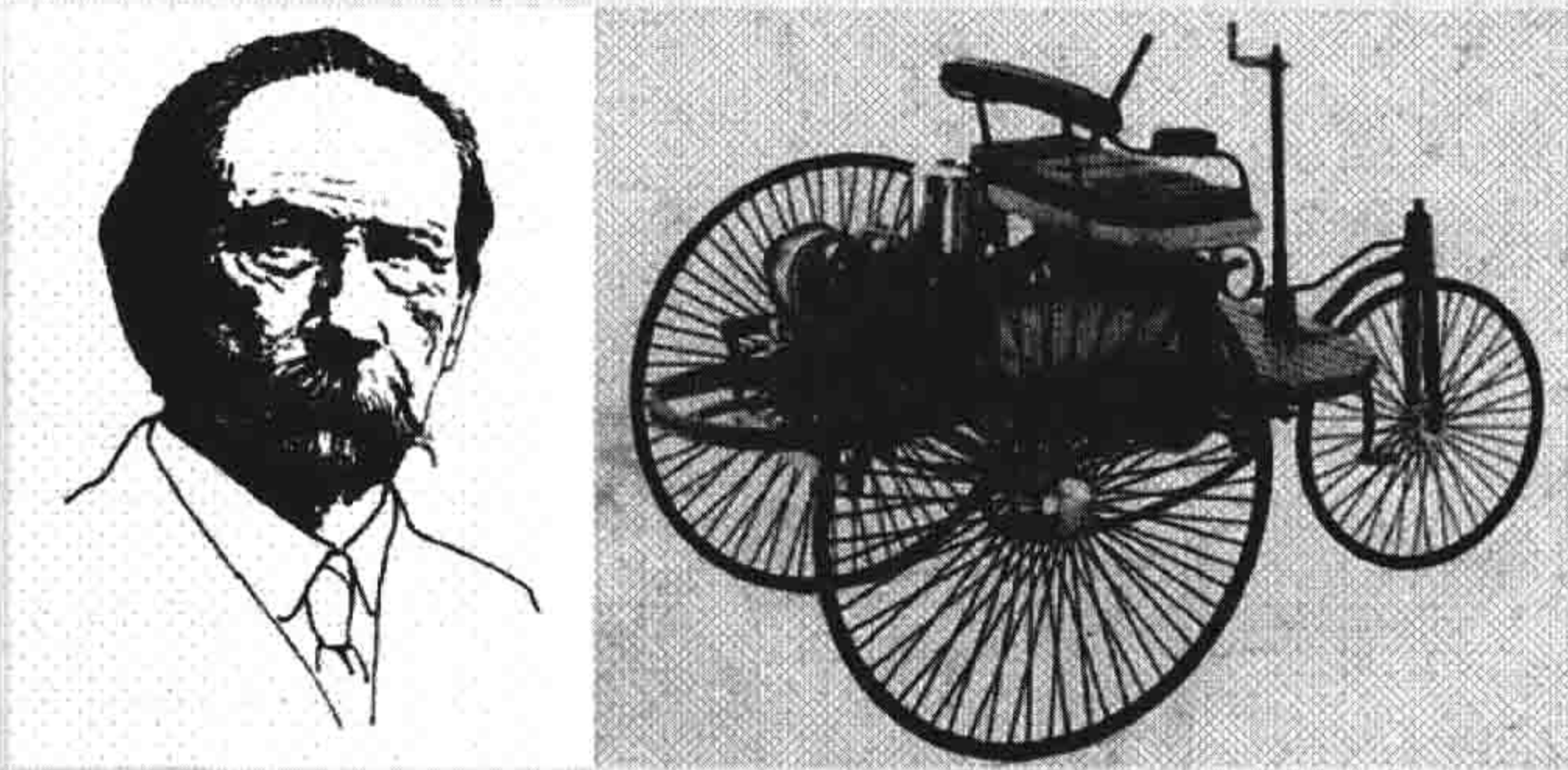


图1-2 卡尔·本茨和他发明的第一辆汽车

本茨的车为三轮汽车,采用一台两行程单缸0.9马力(1马力=0.735kW)的汽油机,此车具备了现代汽车的一些特点,如火花点火、水冷循环、钢管车架、钢板弹簧悬架、后轮驱动、前轮转向和制动把手。但该车的性能并不十分完善,行使速度、装载能力、爬坡性能也不十分如意,而且在行驶中经常出故障。



仔细观察世界上第一辆汽车的构造,会发现它的外型与当时的马车差不多,车速和装载质量也不比马车优越。但是,它的巨大贡献不在于其本身所达到的性能,而在于观念的变化,就是自动化的实现和内燃机的使用。本茨不仅敢于向当时占有垄断地位的马车制造商挑战,而且敢于放弃使用在技术上相当成熟的马车技术,足以证明其充分的自信和观念的转变。因为这种车能自己行走,所以人们用希腊语中 Auto(自己)和拉丁语中的 Mobile(会动的)构成复合词来解释这种类型的车,这就是 Automobile 一词的由来。

本茨的第一辆三轮汽车是世界上最早的汽车雏形,这辆汽车被收藏在德国的本茨汽车博物馆内。

奥迪 W12 现代发动机(图 1-3)是大众的特有技术,W12 发动机构造比较特殊,这款发动机是在大众原有的窄气缸夹角 V6 发动机的基础上,类似于把两台 V6 发动机 V 型连接于一根曲轴上,这样就构成了一个非常特殊的气缸布置形式。奥迪 W12 现代发动机的长度小,仅仅 513mm,因而发动机的动态响应性好。大众特别是奥迪品牌,它们的车采用的是前置前驱的形式,发动机、变速器、转向机构、悬架都安装于前轮附近,因而设计制造更小的发动机成为了大众工程师必须解决的问题,W 型气缸布置的发动机恰好可以满足这样的要求,因而大众设计研发奥迪 W12 现代发动机。

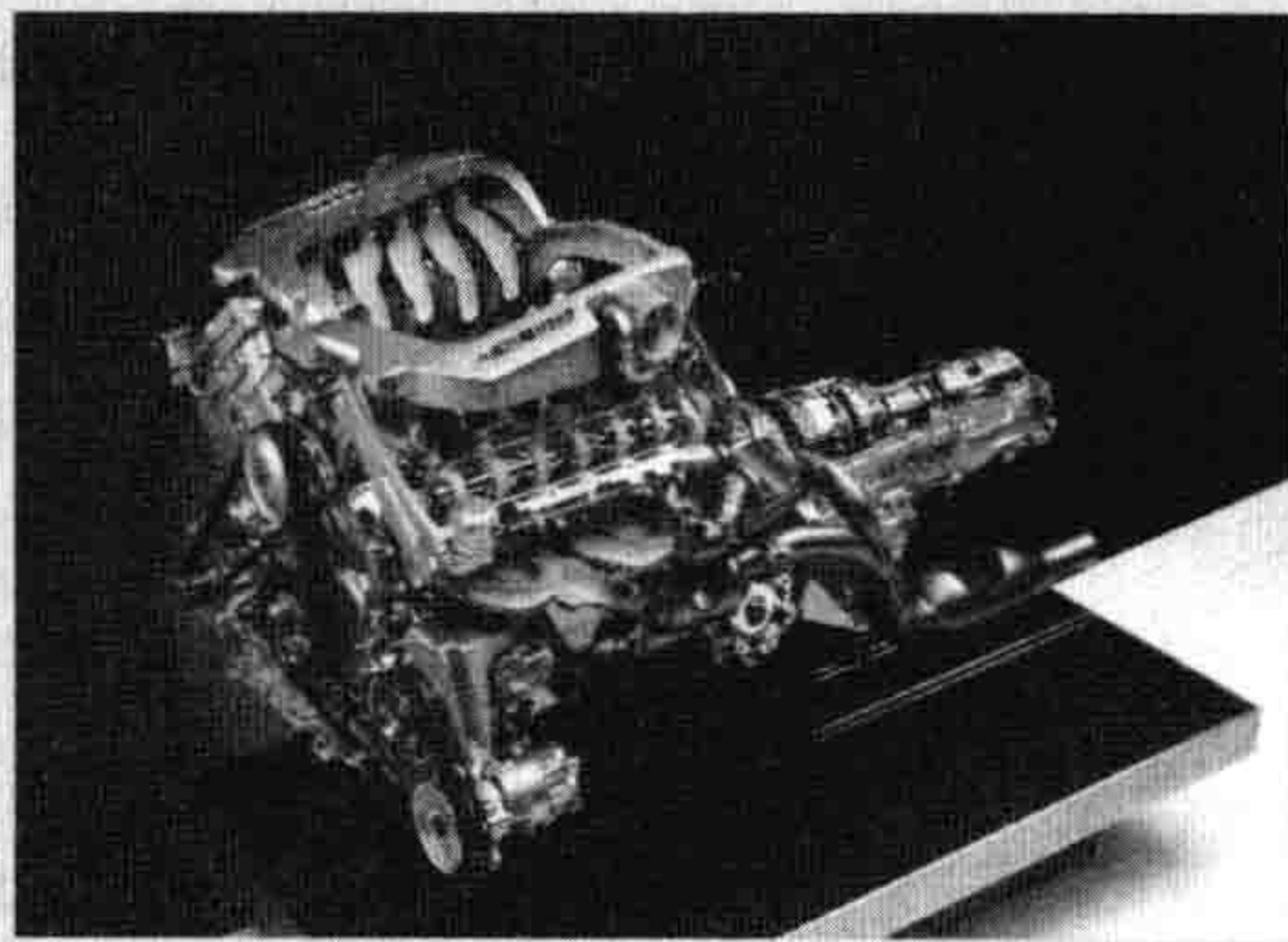


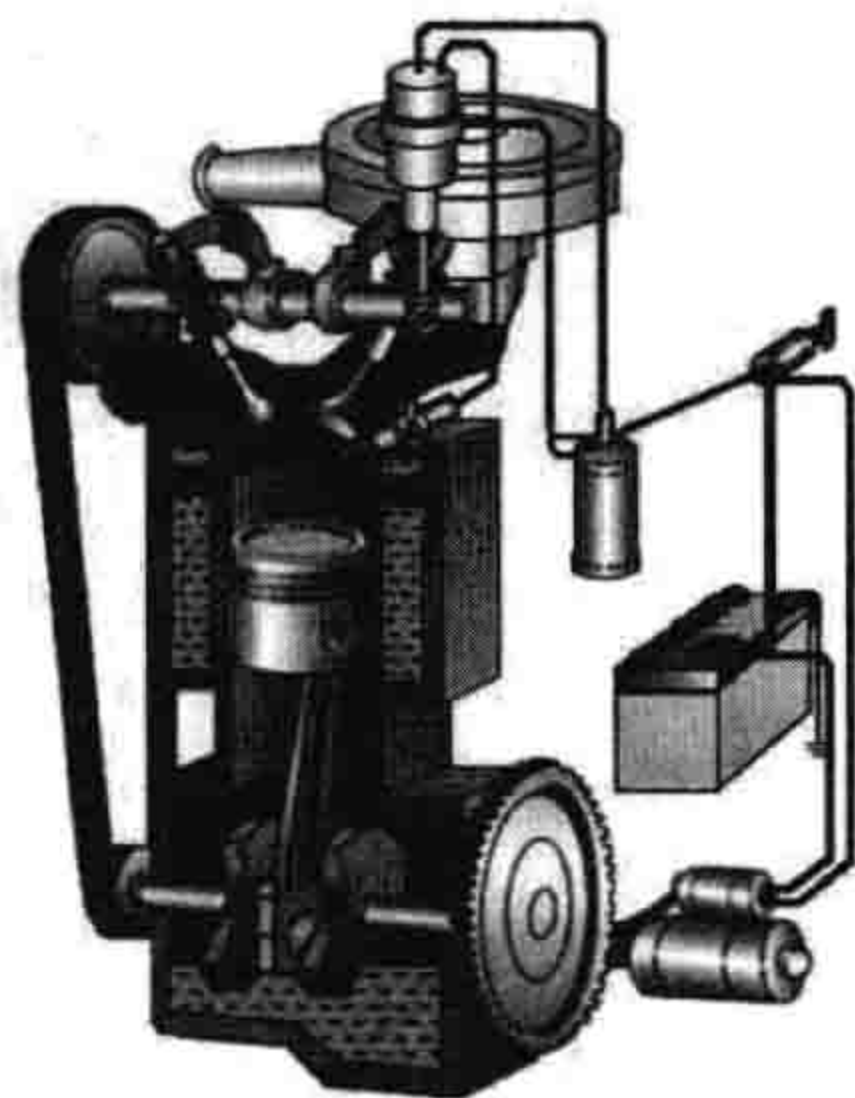
图 1-3 奥迪 W12 现代发动机

1.1.2 发动机的分类

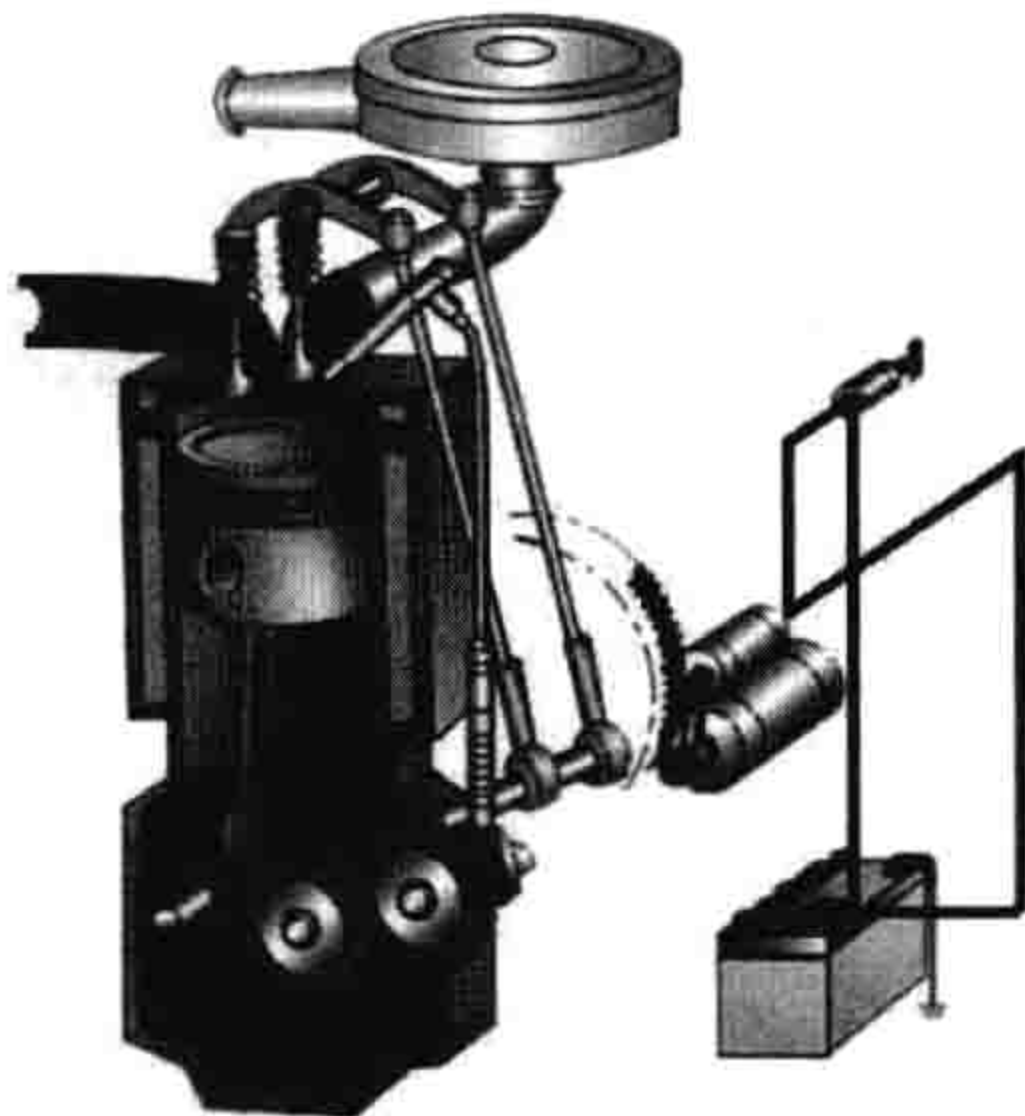
汽车上广泛采用的发动机是水冷四行程往复活塞式内燃机。

1. 按照所用燃料分类

内燃机按照所使用燃料的不同,可以分为汽油机和柴油机(图 1-4)。使用汽油为燃料的内燃机称为汽油机;使用柴油机为燃料的内燃机称为柴油机。汽油机与柴油机比较各有特点:汽油机转速高,质量小,噪音小,起动容易,制造成本低;柴油机压缩比大,热效率高,经济性能和排放性能都比汽油机好。



汽油机



柴油机

图 1-4 液体燃料内燃机



2. 按照行程分类

内燃机按照完成一个工作循环所需的行程数不同,可以分为四行程内燃机和二行程内燃机。把曲轴转两圈(720°)、活塞在气缸内上下往复运动四个行程而完成一个工作循环的内燃机称为四行程内燃机;而把曲轴转一圈(360°)、活塞在气缸内上下往复运动两个行程而完成一个工作循环的内燃机称为二行程内燃机。汽车发动机广泛使用四行程内燃机。

3. 按照冷却方式分类

内燃机按照冷却方式不同,可以分为水冷发动机和风冷发动机(图 1-5)。水冷发动机是利用在气缸体和气缸盖冷却水套中进行循环的冷却液作为冷却介质进行冷却的;而风冷发动机是利用流动于气缸体与气缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却的。水冷发动机冷却均匀,工作可靠,冷却效果好,被广泛地应用于现代车用发动机。

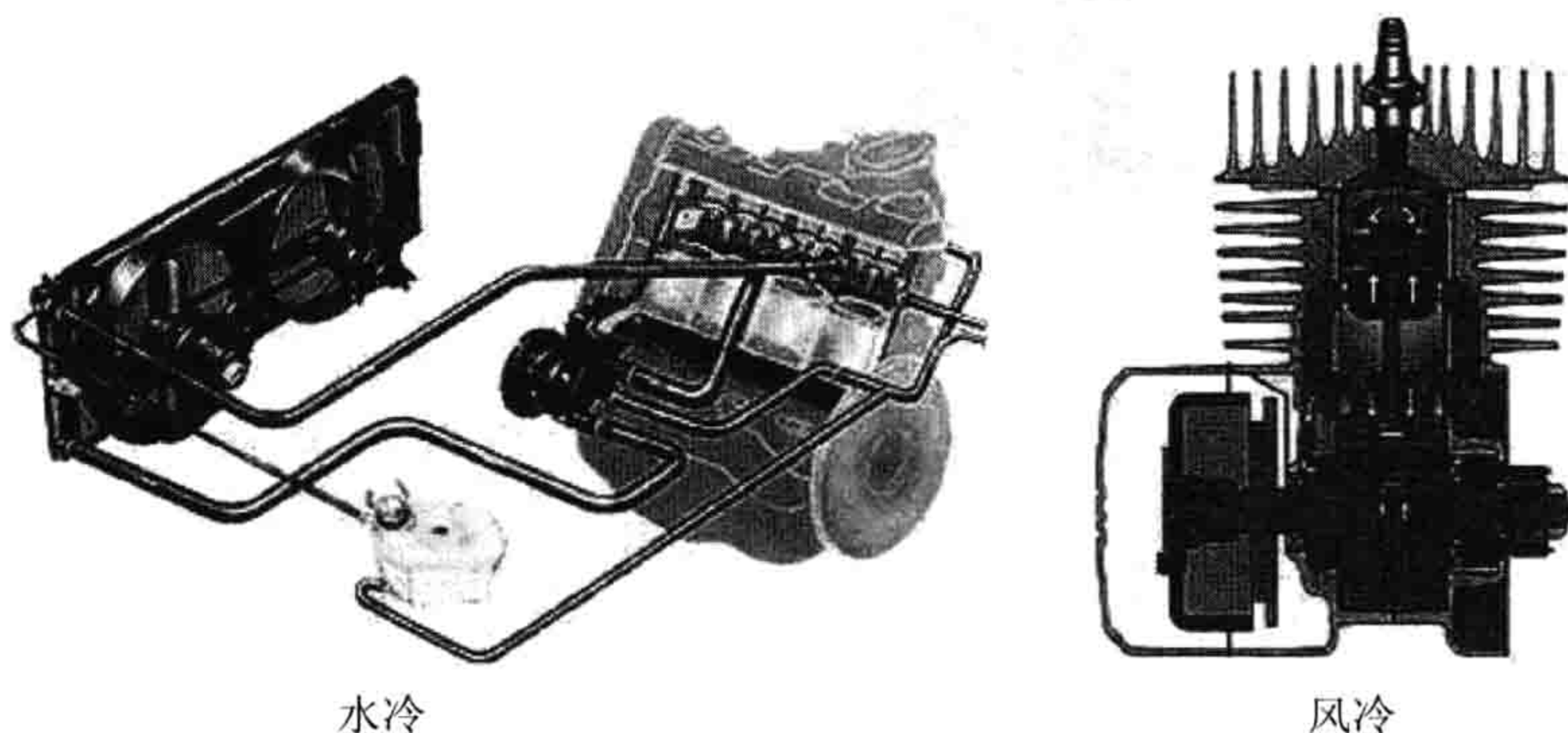


图 1-5 水冷式内燃机、风冷式内燃机

4. 按照气缸数目分类

内燃机按照气缸数目不同,可以分为单缸发动机和多缸发动机(图 1-6)。仅有一个气缸的发动机称为单缸发动机;有两个以上气缸的发动机称为多缸发动机,如双缸、三缸、四缸、五缸、六缸、八缸和十二缸等发动机都是多缸发动机。现代车用发动机多采用四缸、六缸和八缸发动机。

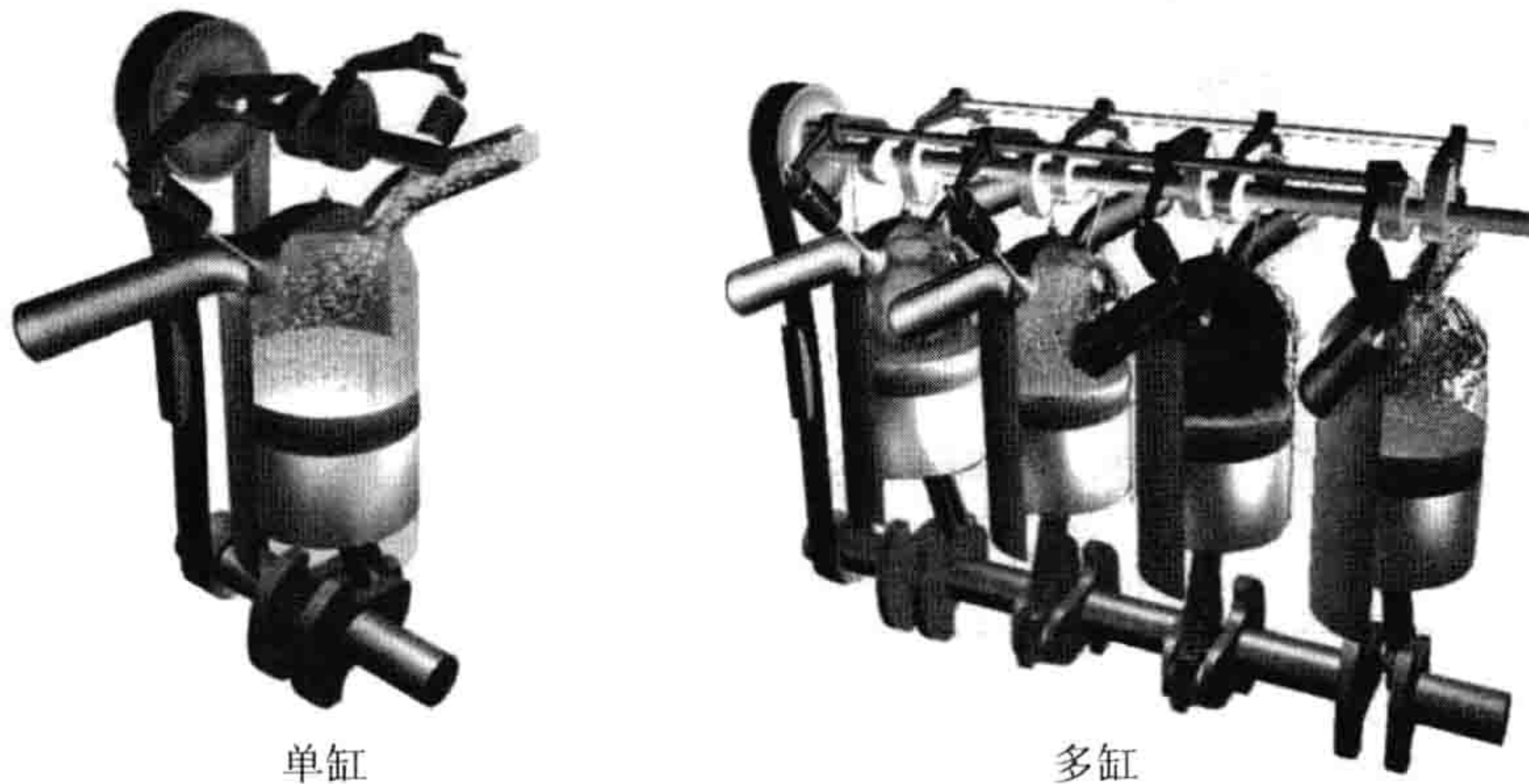


图 1-6 单缸、多缸内燃机





5. 按照气缸排列方式分类

内燃机按照气缸排列方式不同,可以分为单列式和双列式。单列式发动机的气缸排成一列,一般是垂直布置的,但为了降低高度,有时也把气缸布置成倾斜的,甚至是水平的;双列式发动机把气缸排成两列,两列之间的夹角小于 180° (一般为 90°) 的,称为 V 型发动机,两列之间的夹角等于 180° 的,称为对置式发动机(图 1-7)。

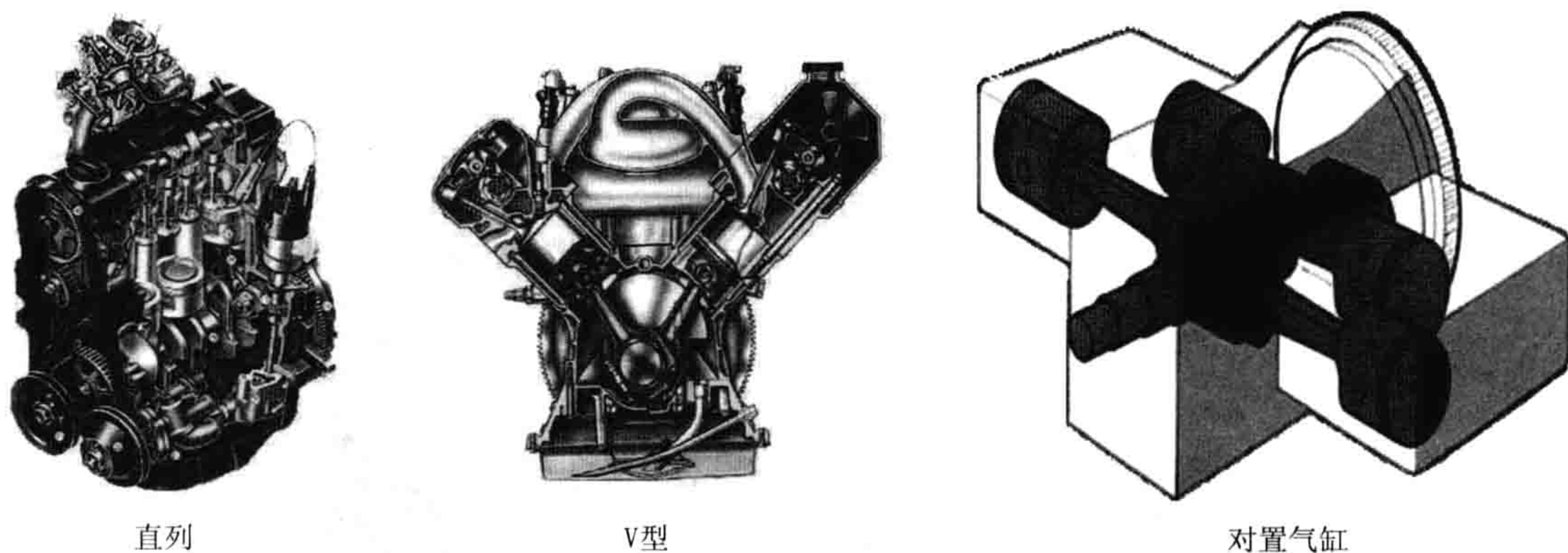


图 1-7 直列式内燃机、V 型内燃机和对置气缸式内燃机

6. 按照进气系统是否采用增压方式分类

内燃机按照进气系统是否采用增压方式,可以分为自然吸气(非增压)式发动机和强制进气(增压式)发动机(图 1-8)。汽油机常采用自然吸气式;柴油机为了提高功率有采用增压式的。

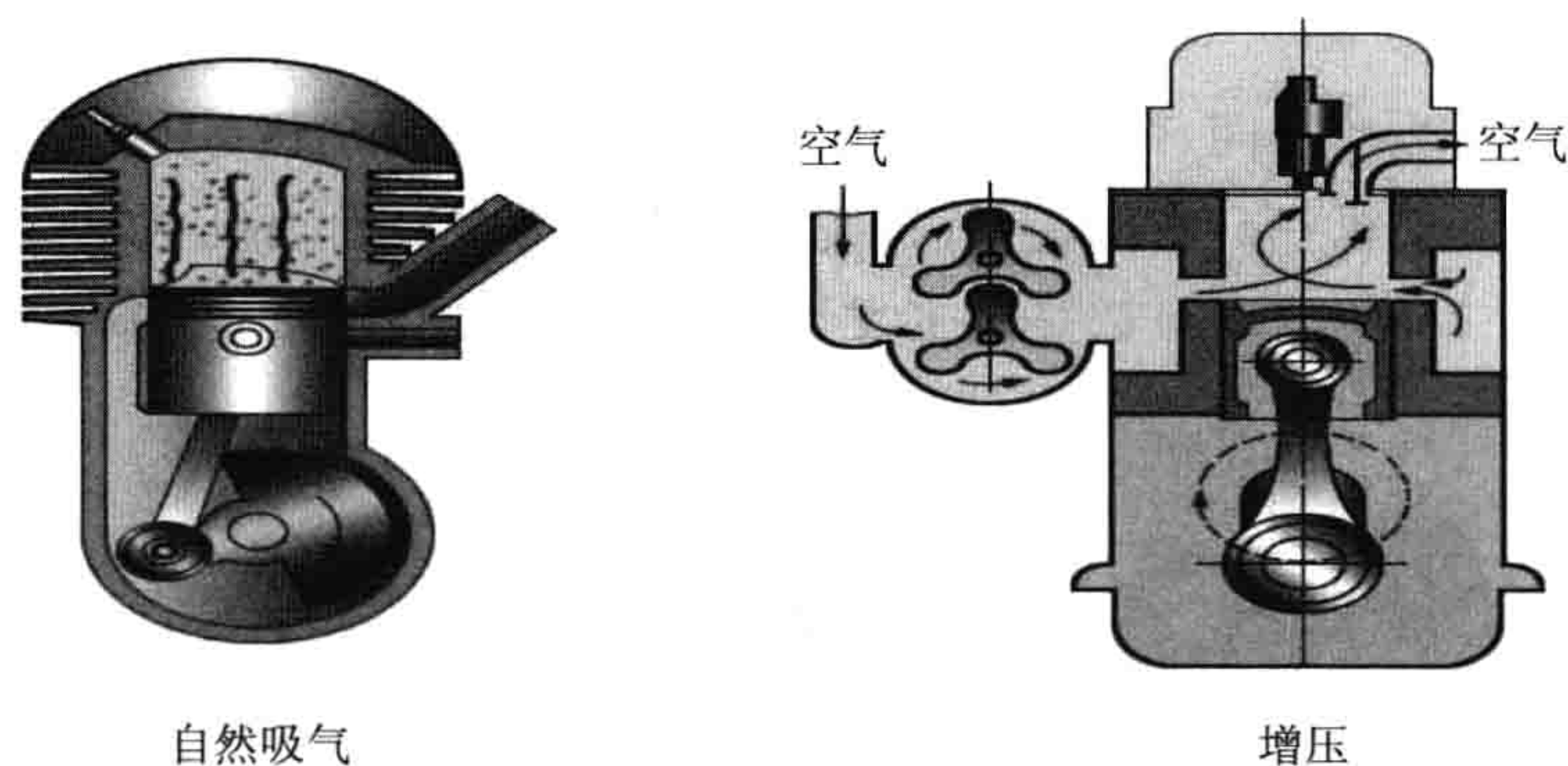


图 1-8 非增压内燃机(自然吸气)、增压内燃机

汽车发动机的种类繁多,根据不同特点列表分类,见表 1-1。

表 1-1 汽车发动机的分类

分类方法	类别	含义
按行程数分	二行程内燃机	活塞经过两个行程完成一个循环的内燃机
	四行程内燃机	活塞经过四个行程完成一个循环的内燃机



(续表)

分类方法	类别	含义
按着火方式分	点燃式内燃机	压缩气缸内的可燃混合气,并用外源点火燃烧的内燃机
	压燃式内燃机	压缩气缸内的空气或可燃混合气,产生高温,引起燃烧着火的内燃机
按使用燃料种类分	液体燃料内燃机	燃烧液体燃料(汽油、柴油、醇类等)的内燃机
	气体燃料内燃机	燃烧气体燃料(液化石油气、天然气等)的内燃机
	多种燃料内燃机	能够使用着火性能差异较大的两种或两种以上燃料的内燃机
按进气状态分	非增压内燃机	进入气缸前的空气或可燃混合气未经压缩的内燃机,对于四行程内燃机,亦称自吸式内燃机
	增压内燃机	进入气缸前的空气或可燃混合气先经过压气机压缩,借以增大充量密度的内燃机
按冷却方式分	水冷式内燃机	用水或冷却液冷却气缸和气缸盖等零件的内燃机
	风冷式内燃机	用空气冷却气缸和气缸盖等零件的内燃机
按气缸数及布置分	单缸内燃机	只有一个气缸的内燃机
	多缸内燃机	具有两个或两个以上气缸的内燃机
	立式内燃机	气缸布置于曲轴上方且气缸中心线垂直于水平面的内燃机
	卧式内燃机	气缸中心线平行于水平面的内燃机
	直列式内燃机	具有两个或两个以上直立气缸,并且一列布置的内燃机
	V 型内燃机	具有两个或两列气缸,其中心线夹角呈 V 型,并共用一根曲轴输出功率的内燃机
	对置气缸式内燃机	两个或两列气缸分别排列在同一曲轴的两边呈 180° 夹角的内燃机
	斜置式内燃机	气缸中心线与水平面呈一定角度(不是直角)的内燃机
按用途分	有汽车用、机车用、拖拉机用、船用、坦克用、摩托车用、发电用、农用、工程机械用等内燃机	

1.1.3 内燃机编号规则

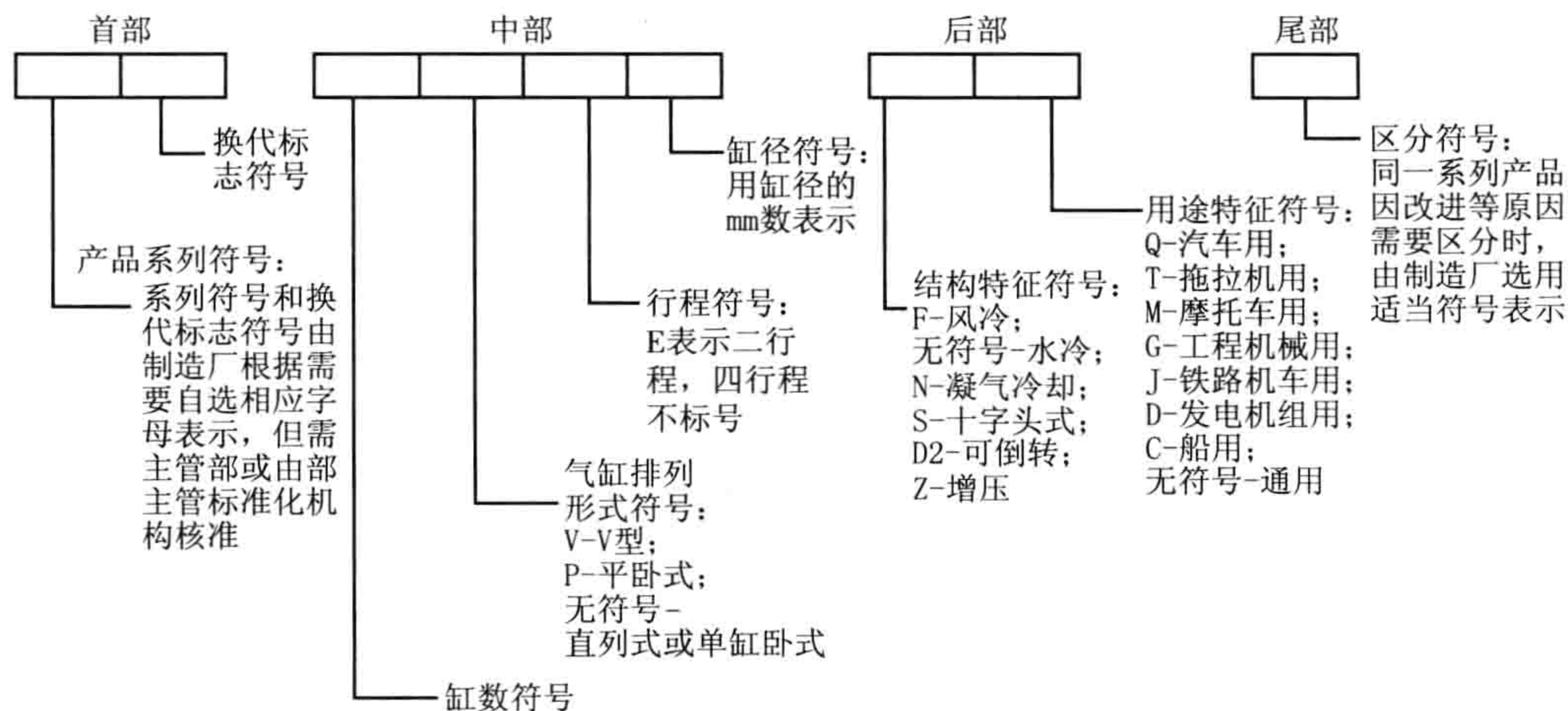
为了便于内燃机的生产管理和使用,我国对内燃机名称和型号编制方法予以重新审定并颁布了国家标准 GB/T725—1991。标准规定了以下内容。

- (1) 内燃机名称按其所用的主要燃料命名。如汽油机、柴油机、煤油机等。
- (2) 内燃机型号应能反映内燃机主要结构特征及性能。型号由表示以下四项内容的符号组成:
 - ① 气缸数。用阿拉伯数字表示。
 - ② 机型系列。用阿拉伯数字表示内燃机气缸直径和汉语拼音文字的首位字母表示完成一个工作循环的行程数。



③ 变型符号。表示该机经过改型后,在结构和性能上的改变,用数字表示改型顺序,与前面符号用短横线隔开。

④ 用途及结构特点。必要时,在短横线前可增加机器的特征符号,表示内燃机的主要用途和不同结构特点。



内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义规定如下:

编制示例:

汽油机:

EQ6100-1——表示东风汽车工业公司生产,六缸,四行程,直列,缸径 100mm,水冷,区分符号 1 表示为第一种类型产品。

BJ492QA——表示北京汽车制造厂生产,四缸,四行程,直列,缸径 92mm,水冷,汽车用,区分符号 A 表示为变型产品。

1E65F——单缸,二行程,缸径 65mm,风冷,通用型。

柴油机:

CA6110——表示第一汽车集团公司生产,六缸,四行程,直列,缸径 110mm,水冷,基本型。

YZ6102Q——表示扬州柴油机厂生产,六缸,四行程,直列,缸径 102mm,水冷,汽车用,基本型。

12VE230ZCZ——12 缸,二行程,V 型,缸径 230mm,水冷,增压,船用主机,主机基本型。

1.2 发动机工作原理

发动机是实现能量转换的装置,是汽车最主要的总成之一,是汽车动力的来源。其作用是将燃料与空气进行混合并在机体内燃烧,推动活塞往复运动,再带动曲轴旋转,从而将化学能转变为热能,再把热能转变为机械能,向汽车提供动力。

1.2.1 发动机基本术语

往复活塞式内燃机的常用术语如下:





(1) 工作循环

活塞在气缸内往复运动时,完成了进气、压缩、做功和排气 4 个工作过程,周而复始地进行这些过程,内燃机才能持续地运转,对外输出功率,每完成一次上述 4 个过程,称为一个工作循环。

(2) 上止点

上止点是指活塞离曲轴回转中心最远处,通常指活塞的最高位置,如图 1-9 所示。

(3) 下止点

下止点是指活塞离曲轴回转中心最近处,通常指活塞的最低位置,如图 1-9 所示。

(4) 活塞行程(S)

活塞行程是指上、下两止点间的距离。活塞由一个止点移到另一个止点所经过的路程称行程,如图 1-9 所示。

(5) 曲柄半径(R)

曲柄半径是指与连杆大端相连接的曲柄销的中心线到曲轴回转中心线的距离(mm)。显然,曲轴每转一周,活塞移动两个行程,即 $S = 2R$ 。如图 1-9 所示。

(6) 气缸工作容积(V_h)

气缸工作容积是指活塞从一个止点移到另一个止点所扫过的容积,其计算公式为

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} S$$

式中 V_h ——气缸工作容积,升(L);

D ——气缸直径,毫米(mm);

S ——活塞面积,平方毫米(mm^2)。

(7) 发动机排量(V_L)

发动机排量是指发动机所有气缸工作容积的总和,也称发动机的总容积。若发动机的气缸数为 i ,则

$$V_L = V_h \cdot i$$

(8) 燃烧室容积(V_c)

燃烧室容积是指活塞在上止点时活塞顶上面空间的容积,单位为升(L)。

(9) 气缸总容积(V_a)

气缸总容积是指活塞在下止点时活塞顶上面空间的容积(L),它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和,即

$$V_a = V_h + V_c$$

(10) 压缩比(ϵ)

压缩比是气体压缩前的容积与气体压缩后的容积之比值,即气缸总容积与燃烧室容积之比,即

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

压缩比是发动机中一个非常重要的概念,压缩比表示了气体的压缩程度。

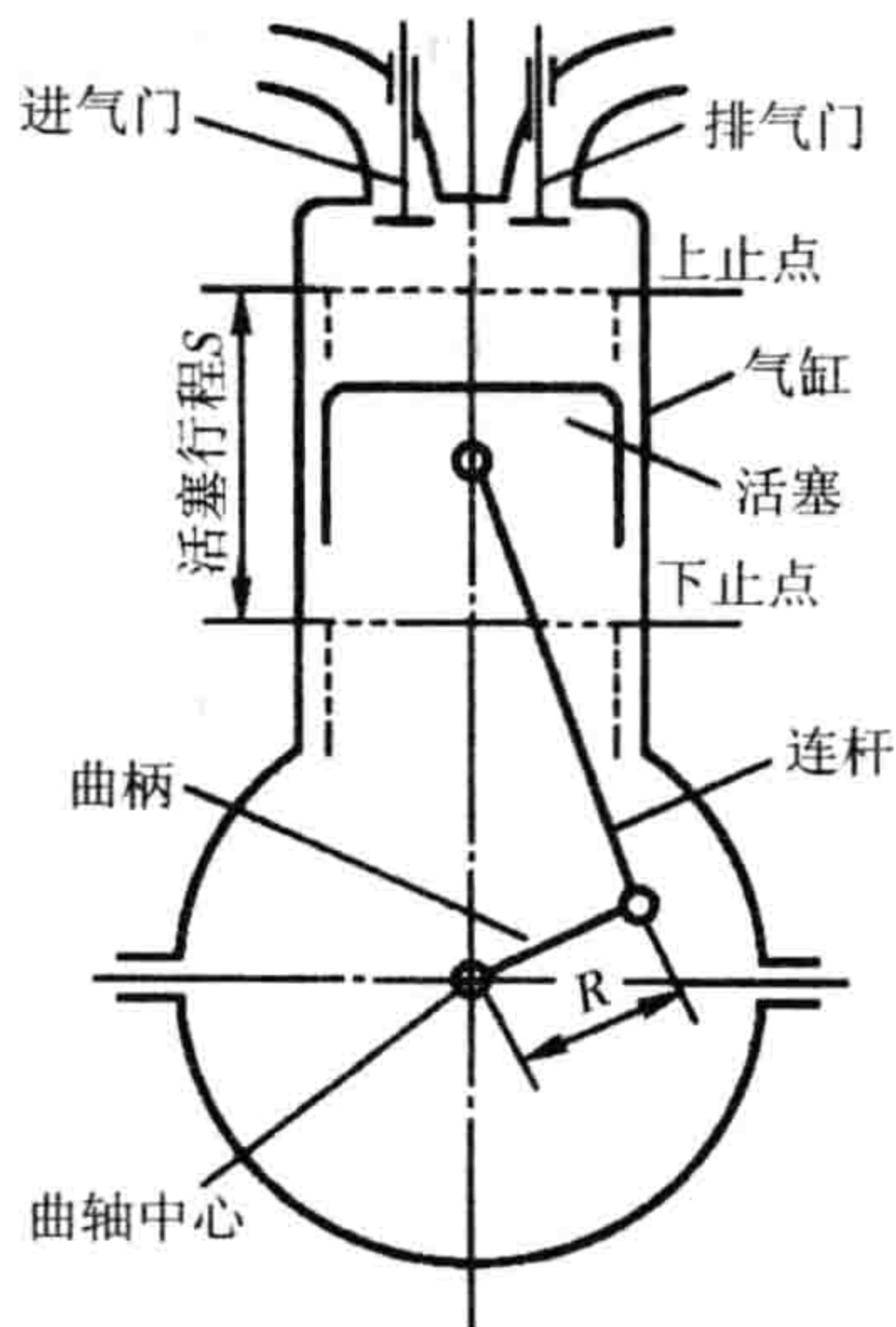


图 1-9 发动机基本术语示意图





1.2.2 四行程发动机的工作原理

往复活塞式内燃机将热能转变为机械能的过程是经过进气、压缩、做功、排气 4 个连续过程来实现的,称为一个工作循环。凡是曲轴旋转两周、活塞往复 4 个行程完成一个工作循环的称为四行程发动机,根据使用燃料不同,又分为四行程汽油机和四行程柴油机。

1. 四行程汽油机工作原理

四行程汽油机的工作循环是由进气、压缩、做功和排气 4 个行程所组成的。如图 1-10 所示为单缸四行程汽油机的工作循环示意图。

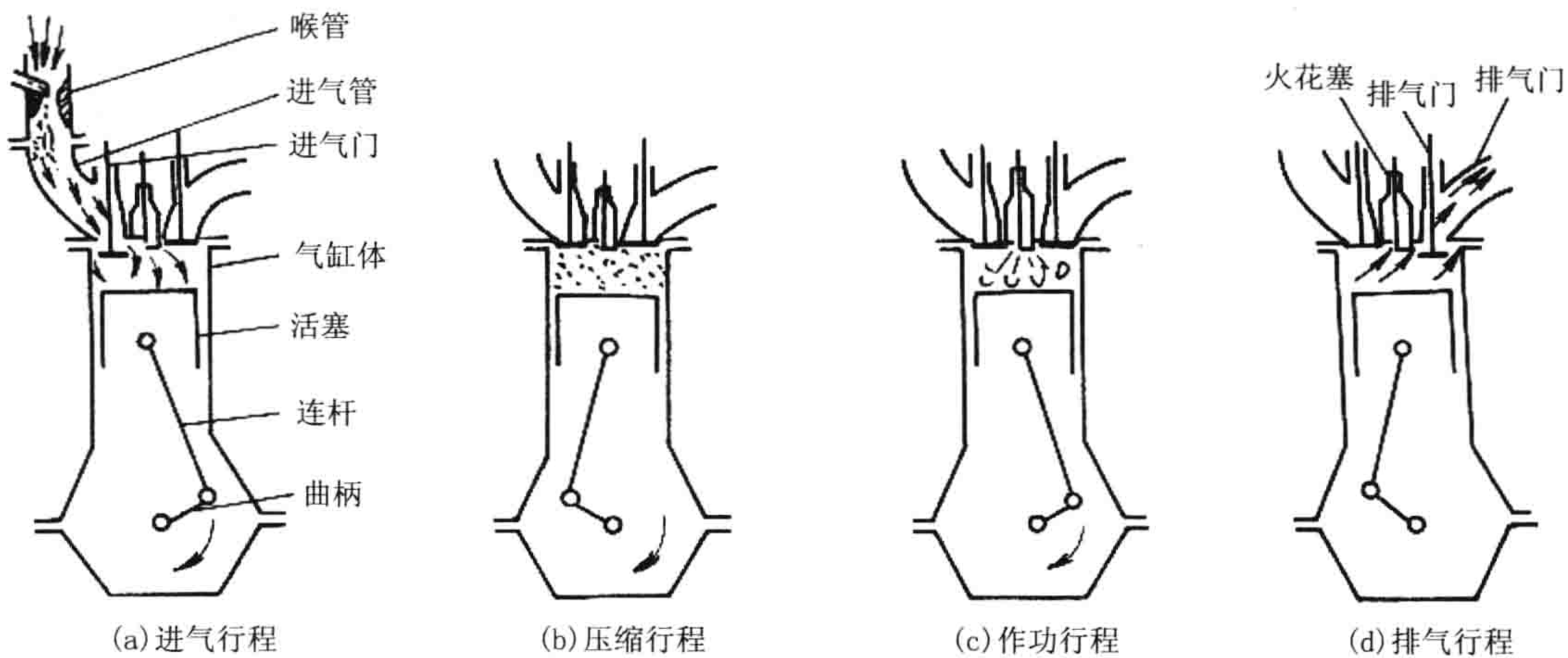


图 1-10 单缸四行程汽油机工作循环示意图

1) 进气行程

活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动(相当于曲轴转角从 0° 至 180°),此时,排气门关闭,进气门开启。活塞移动过程中,气缸内容积逐渐增大,形成一定的真空度,电控喷油器向进气道喷油,空气与汽油混合气便被吸入气缸,该过程称为进气行程。至活塞到达下止点时,进气门关闭,停止进气。

2) 压缩行程

进气行程结束时,活塞在曲轴的带动下,从下止点向上止点运动,气缸内容积逐渐减小,由于进、排气门均关闭,可燃混合气被压缩,至活塞到达上止点时,压缩结束(相当于曲轴转角从 180° 至 360°)。气缸内气体被压缩的程度称为压缩比,压缩比越大,则压缩终了时气缸内气体的压力和温度就越高,燃烧速度也越快,因而发动机输出的功率越大,经济性也越好。现代汽油发动机压缩比一般为 $6\sim 10$ 。

3) 做功行程

在压缩行程末,火花塞产生电火花点燃混合气,并迅速燃烧,使气体的温度、压力迅速升高而膨胀,从而推动活塞从上止点向下止点运动,通过连杆使曲轴旋转做功,至活塞到达下止点时做功结束(相当于曲轴转角从 360° 至 540°)。

在做功行程中,开始阶段气缸内气体压力、温度急剧上升,瞬间压力可达 $3\sim 5\text{MPa}$,瞬时温度可达 $2\,200\sim 2\,800\text{K}$ 。