



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

汽车发动机 原理构造及电控

Qichefadongjijiyuanligouzaojidiankong

■ 赵福堂 主 编
■ 赵福堂 赵亚男 陈雪梅 编 著
■ 高 利 主 审



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

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

汽车发动机原理构造及电控

赵福堂 主编

赵福堂 赵亚男 陈雪梅 编著

高 利 主审

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共分10章,分别为汽车发动机的工作原理与总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系统、柴油机燃料供给系统、发动机冷却系统、发动机润滑系统、汽油机点火系统、启动系统、进排气系统及排气净化装置。本书详细讲述了各总成、系统的功用、组成及相关零部件的结构与工作原理。各章设置了理论知识、实操技能、知识与能力拓展三个模块,以实现对上述内容的学习。

本书为高等院校汽车工程类专业教材,也可作为高职高专、职大、成教等汽车工程类专业教材,还可作为汽车应用维修等相关行业的培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机原理构造及电控/赵福堂主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3201 - 2

I. ①汽… II. ①赵… III. ①汽车-发动机-构造-高等学校:技术学校-教材②汽车-发动机-电子系统:控制系统-高等学校:技术学校-教材 IV. ①U472.43②U464

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第088743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/保定市中国美凯印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/25.75

字 数/598千字

版 次/2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷

印 数/1~1500册

定 价/50.00元

责任校对/张沁萍

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

“汽车发动机原理构造及电控”是汽车相关专业的一门核心专业课，主要讲述汽车发动机的工作原理与总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系统、柴油机燃料供给系统、发动机冷却系统、发动机润滑系统、汽油机点火系统、启动系统、进排气系统及排气净化装置。本书详细讲述了各总成、系统的功用、组成及相关零部件的结构与工作原理。各章设置了理论知识、实操技能、知识与能力拓展三个模块。理论知识部分主要讲述各部分的结构组成和工作原理；实操技能部分介绍了各系统、总成及相关零部件的拆装方法；知识与能力拓展部分介绍了汽车发动机的各种新技术、新结构。

本书将汽车发机构造、原理和使用维护有机融合，以现代轿车为主线，拓展前沿技术，注重实操技能。在内容编排上力求新颖、活泼，图文并茂，符合学生的学习特点，同时配套了电子课件，提供了大量文本、彩图、动画和视频，形象生动地展示了汽车发动机各系统、各总成以及零部件的构造与工作原理，使学生能够系统地学习汽车发机构造方面的知识 with 技能，充分体现了学以致用理念。在每章的开始都编排了本章教学提示和本章教学要求，并在每章的最后均附有本章小结和一定数量的自测题以帮助学生进一步巩固所学知识。

本书由赵福堂主编，赵福堂、赵亚男、陈雪梅编著。赵福堂负责统稿和全书修改，赵亚男负责第 6 章至第 10 章的编写，陈雪梅负责第 1 章至第 5 章的编写。北京理工大学机械与车辆学院高利教授审阅了全书，在本书的编写过程中，北京理工大学现代远程教育学院马昕、吴珺等老师给予了大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在误漏和不足之处，诚恳期望得到同行专家和广大读者的批评指正。

编者

目 录

第1章 发动机的基本工作原理与总体构造	(1)
本章教学提示	(1)
本章教学要求	(1)
理论知识	(1)
1.1 发动机的类型	(1)
1.2 发动机的基本工作原理	(4)
1.2.1 发动机的基本术语	(4)
1.2.2 四冲程发动机的工作原理	(5)
1.2.3 二冲程发动机的工作原理	(7)
1.3 发动机的总体构造	(8)
1.3.1 汽油机的总体构造	(8)
1.3.2 柴油机的总体构造	(9)
1.4 发动机的性能指标	(10)
1.4.1 指示性能指标	(10)
1.4.2 有效性能指标	(11)
1.4.3 强化指标	(12)
1.4.4 紧凑性指标	(12)
1.4.5 运转性能指标	(13)
1.4.6 可靠性指标	(15)
1.4.7 耐久性指标	(15)
1.4.8 工艺性指标	(15)
1.5 发动机特性	(15)
1.5.1 发动机特性与特性曲线	(15)
1.5.2 发动机速度特性	(16)
1.5.3 发动机负荷特性	(17)
实操技能	(18)
1.6 发动机维修常用工具	(18)
1.6.1 手用工具	(18)
1.6.2 专用工具	(20)
1.7 发动机维修常用量具	(21)
1.7.1 游标卡尺	(21)



1.7.2 外径千分尺	(21)
1.7.3 厚薄规(塞尺、间隙规)	(22)
1.7.4 百分表	(23)
1.8 发动机总成拆装	(24)
1.8.1 拆装发动机总成的操作规范	(24)
1.8.2 从车上拆下发动机总成的操作步骤	(24)
1.8.3 将发动机总成安装到车上的操作要点	(27)
知识与能力拓展	(27)
1.9 内燃机产品名称和型号编制规则	(27)
1.10 各种发动机比较	(30)
1.10.1 涡轮增压发动机	(30)
1.10.2 机械增压发动机	(30)
1.10.3 汽油直喷技术	(30)
1.10.4 全铝发动机	(31)
本章小结	(31)
自测题	(31)
第2章 曲柄连杆机构	(32)
本章教学提示	(32)
本章教学要求	(32)
理论知识	(32)
2.1 曲柄连杆机构的功用和组成	(32)
2.1.1 曲柄连杆机构的功用	(32)
2.1.2 曲柄连杆机构的组成	(32)
2.2 曲柄连杆机构的受力分析	(33)
2.2.1 气体压力	(33)
2.2.2 往复惯性力和离心力	(34)
2.2.3 摩擦力	(35)
2.3 机体组	(35)
2.3.1 汽缸体	(35)
2.3.2 汽缸盖与汽缸衬垫	(39)
2.3.3 油底壳	(42)
2.3.4 发动机的支承	(43)
2.4 活塞连杆组	(44)
2.4.1 活塞	(44)
2.4.2 活塞环	(48)
2.4.3 活塞销	(51)
2.4.4 连杆	(51)
2.5 曲轴飞轮组	(55)

2.5.1 曲轴	(55)
2.5.2 曲轴扭转减振器	(62)
2.5.3 飞轮	(64)
实操技能	(65)
2.6 机体组零部件的拆装	(65)
2.6.1 汽缸盖的拆装	(65)
2.6.2 汽缸体的拆装	(68)
2.6.3 油底壳的拆装	(69)
2.7 活塞连杆组零部件的拆装	(70)
2.7.1 活塞连杆组的拆卸	(70)
2.7.2 活塞连杆组的装配	(71)
2.8 曲轴飞轮组零部件的拆装	(73)
2.8.1 曲轴飞轮组的拆卸	(73)
2.8.2 曲轴飞轮组的组装	(75)
知识与能力拓展	(77)
2.9 可变汽缸控制技术	(77)
2.9.1 可变汽缸控制的意义	(77)
2.9.2 可变汽缸控制发动机基本结构原理	(77)
2.10 发动机可变压缩比技术	(78)
2.10.1 可变压缩比的意义	(78)
2.10.2 可变压缩比发动机的基本结构原理	(79)
本章小结	(79)
自测题	(80)
第3章 配气机构	(81)
本章教学提示	(81)
本章教学要求	(81)
理论知识	(81)
3.1 配气机构的功用及组成	(81)
3.1.1 配气机构的功用及分类	(81)
3.1.2 配气机构的组成和工作情况	(81)
3.2 配气定时及气门间隙	(85)
3.2.1 配气定时	(85)
3.2.2 气门间隙	(87)
3.3 气门组	(89)
3.3.1 气门	(89)
3.3.2 气门座	(92)
3.3.3 气门导管	(93)
3.3.4 气门弹簧	(94)



3.4 气门传动组	(94)
3.4.1 配气相位	(94)
3.4.2 凸轮轴	(96)
3.4.3 挺杆	(98)
3.4.4 推杆	(100)
3.4.5 摇臂总成	(100)
实操技能	(102)
3.5 配气机构的拆装	(102)
3.5.1 配气机构的拆卸	(102)
3.5.2 配气机构的装配	(103)
3.5.3 气门座圈的拆装	(103)
3.6 配气相位的检查与调整	(103)
3.6.1 配气相位的变化	(103)
3.6.2 配气相位的检查	(103)
3.6.3 配气相位的调整	(104)
知识与能力拓展	(105)
3.7 可变配气相位控制机构	(105)
3.7.1 ANQ5 发动机可变气门正时机构	(105)
3.7.2 本田 ACCORDF22B1 发动机 VTEC 机构	(107)
3.7.3 德国奔驰车系可变配气相位控制机构	(109)
本章小结	(109)
自测题	(109)
 第 4 章 汽油机燃料供给系统	 (111)
本章教学提示	(111)
本章教学要求	(111)
理论知识	(111)
4.1 汽油机燃料供给系统概述	(111)
4.1.1 汽油机燃料供给系统的发展	(111)
4.1.2 可燃混合气浓度对发动机性能的影响	(112)
4.1.3 电控汽油机燃油喷射系统的优点	(113)
4.1.4 汽油机电控燃油喷射系统的类型	(114)
4.2 空气供给系统	(117)
4.2.1 空气供给系统的组成及工作过程	(117)
4.2.2 空气供给系统各主要零部件的结构	(119)
4.3 燃油供给系统	(120)
4.3.1 燃油供给系统的组成及工作过程	(120)
4.3.2 燃油供给系统各主要零部件的结构	(121)
4.4 控制系统	(127)

4.4.1 控制系统的组成及工作过程	(127)
4.4.2 传感器	(128)
4.4.3 电控单元	(138)
4.4.4 执行元件	(140)
4.5 电控汽油机辅助控制系统	(144)
4.5.1 怠速控制系统	(144)
4.5.2 进气控制系统	(152)
4.5.3 增压控制系统	(154)
4.5.4 故障自诊断系统	(154)
4.5.5 失效保护系统	(157)
4.5.6 应急备用系统	(158)
实操技能	(159)
4.6 燃油供给系统的拆装	(159)
4.6.1 油箱的拆装	(159)
4.6.2 燃油泵的拆装	(161)
4.6.3 燃油滤清器的拆装	(162)
4.6.4 热线式空气流量计的拆装	(162)
4.7 电控汽油燃油喷射系统的日常维护与常见故障	(162)
4.7.1 电控汽油燃油喷射系统的日常维护	(162)
4.7.2 电控汽油燃油喷射系统的常见故障	(163)
知识与能力拓展	(164)
4.8 车用汽油的使用性能	(164)
4.8.1 汽油的蒸发性	(164)
4.8.2 汽油的燃点和热值	(165)
4.8.3 汽油的抗爆性	(165)
4.9 车用汽油的选用	(165)
4.9.1 车用汽油的选择	(165)
4.9.2 汽油使用注意事项	(166)
4.9.3 国内部分汽车用汽油牌号推荐	(166)
4.10 车用汽油添加剂	(166)
本章小结	(167)
自测题	(167)
第5章 柴油机燃料供给系统	(168)
本章教学提示	(168)
本章教学要求	(168)
理论知识	(168)
5.1 柴油机燃料供给系统概述	(168)
5.1.1 柴油机燃料供给系统的功用和组成	(168)

5.1.2 柴油机燃料供给系统的工作情况	(169)
5.1.3 柴油机混合气的形成	(170)
5.2 柴油机燃料供给装置	(171)
5.2.1 喷油器	(171)
5.2.2 喷油泵	(174)
5.2.3 调速器	(187)
5.3 柴油机燃油供给辅助装置	(195)
5.3.1 输油泵	(195)
5.3.2 柴油滤清器	(197)
5.3.3 油水分离器	(198)
5.4 电控柴油机喷射系统	(198)
5.4.1 ECD 系统的控制功能及组成	(199)
5.4.2 供油量的控制	(200)
5.4.3 怠速转速的控制	(201)
5.4.4 供油定时的控制	(201)
实操技能	(202)
5.5 柴油机燃料供给系统的拆装	(202)
5.5.1 喷油器的拆装	(202)
5.5.2 柱塞式喷油泵的拆装	(204)
5.5.3 柱塞式喷油泵在柴油机上的安装	(206)
5.5.4 VE 型分配泵的拆装	(207)
5.5.5 两速调速器的拆装	(211)
5.5.6 机械离心式喷油提前角自动调节器的拆装	(211)
5.5.7 柴油滤清器的拆装	(212)
5.5.8 柴油滤清器	(213)
5.6 柴油机燃料供给系统的使用维护与常见故障	(214)
5.6.1 柴油的清洁	(214)
5.6.2 柴油机燃料供给系统的维护	(214)
5.6.3 柴油机燃料供给系统常见故障	(215)
知识与能力拓展	(216)
5.7 柴油机的性能指标及其选用	(216)
5.8 发动机均质充量压缩点燃	(217)
本章小结	(219)
自测题	(219)
第 6 章 发动机冷却系统	(220)
本章教学提示	(220)
本章教学要求	(220)
理论知识	(220)

6.1 冷却系统的构成	(220)
6.1.1 冷却系统的任务	(220)
6.1.2 冷却系统的功用	(220)
6.1.3 冷却系统的冷却方式 (冷却系统的类型)	(222)
6.1.4 冷却液	(226)
6.2 冷却系统的基本组成	(227)
6.2.1 散热器	(228)
6.2.2 冷却风扇	(233)
6.2.3 水泵	(236)
6.2.4 膨胀水箱	(238)
6.2.5 节温器	(239)
6.2.6 冷却液温度传感器	(244)
6.2.7 冷却强度调节装置	(245)
6.3 冷却系统的工作原理	(247)
6.3.1 冷却系统的水路	(247)
6.3.2 冷却系统的工作循环	(248)
实操技能	(249)
6.4 冷却系统主要零部件的拆装	(249)
6.4.1 水泵的拆装	(249)
6.4.2 散热器的拆装	(250)
6.4.3 冷却液的排放与加注	(250)
6.4.4 节温器的拆装	(250)
6.4.5 冷却风扇的安装与风扇皮带的调整	(251)
6.5 冷却系统的使用维护与常见故障	(251)
6.5.1 冷却系统的使用维护	(251)
6.5.2 冷却系统的常见故障	(253)
本章小结	(254)
自测题	(254)
第7章 发动机润滑系统	(255)
本章教学提示	(255)
本章教学要求	(255)
理论知识	(255)
7.1 润滑系统的作用和润滑方式	(255)
7.1.1 润滑系统的作用	(255)
7.1.2 润滑方式	(256)
7.2 润滑系统的组成	(258)
7.2.1 润滑系统的总体组成	(258)
7.2.2 润滑系统部件结构原理	(259)

7.2.3 发动机润滑部位及油路	(269)
7.3 润滑剂	(270)
7.3.1 润滑油	(270)
7.3.2 润滑脂	(272)
实操技能	(272)
7.4 润滑系统主要零部件的拆装	(272)
7.4.1 发动机油底壳的拆装	(272)
7.4.2 转子式机油泵的拆装	(272)
7.4.3 机油滤清器的更换	(273)
7.4.4 离心式细滤器的拆装	(274)
7.4.5 机油的更换	(274)
7.5 润滑系统的使用维护与常见故障	(275)
7.5.1 润滑系统的使用维护	(275)
7.5.2 润滑系统的常见故障	(276)
7.6 润滑系统检修	(280)
7.6.1 机油泵的检修	(280)
7.6.2 机油滤清器的检修	(281)
本章小结	(282)
自测题	(282)
第8章 汽油机点火系统	(283)
本章教学提示	(283)
本章教学要求	(283)
理论知识	(283)
8.1 对点火系统的要求	(283)
8.2 传统点火系统	(284)
8.2.1 传统点火系统主要零部件构造	(284)
8.2.2 传统点火系统工作原理	(292)
8.2.3 传统点火系统的工作特性与影响次级电压的因素	(294)
8.2.4 点火提前角及其影响因素	(297)
实操技能	(301)
8.3 点火系统的维护	(301)
8.4 点火系统检测与故障诊断	(302)
知识与能力扩展	(309)
8.5 电子点火系统	(309)
8.5.1 汽车电子点火系统概述	(309)
8.5.2 磁感应式电子点火系统	(311)
8.5.3 霍尔式电子点火系统	(314)
8.5.4 光电式电子点火系统	(322)

8.5.5 电容储能式电子点火系统	(324)
8.6 微机控制点火系统	(325)
8.6.1 微机控制点火系统的组成和工作原理	(326)
8.6.2 点火提前角控制	(328)
8.6.3 通电时间控制	(329)
8.6.4 爆震控制	(329)
8.6.5 有分电器的微机控制点火系统	(332)
8.6.6 无分电器的微机控制点火系统	(333)
本章小结	(339)
自测题	(339)
第9章 启动系统	(340)
本章教学提示	(340)
本章教学要求	(340)
理论知识	(340)
9.1 启动机结构与原理	(340)
9.1.1 启动机构造	(341)
9.1.2 启动机原理	(348)
9.2 启动机的特性	(352)
9.2.1 转矩特性	(352)
9.2.2 转速特性	(353)
9.2.3 功率特性	(353)
9.3 启动系统基本测试	(354)
实操技能	(358)
9.4 启动机的使用与维护	(358)
9.4.1 启动机的正确使用	(358)
9.4.2 启动机维护要点	(358)
9.4.3 启动系统的检修	(359)
9.5 启动机的故障及排除	(362)
9.5.1 启动机运转缓慢, 发动机不能启动	(362)
9.5.2 电磁线圈拉杆振动	(362)
9.5.3 启动后, 主动齿轮分离过慢	(363)
9.5.4 启动机转动, 但发动机仍不能启动	(363)
9.5.5 启动机不转, 灯光保持明亮	(363)
9.5.6 启动机不转、灯光明显变暗	(364)
9.5.7 启动机不转, 灯光稍暗	(364)
9.5.8 启动机不转, 灯光熄灭	(364)
9.5.9 启动机不转, 灯光不亮	(364)
知识与能力扩展	(365)

9.6 新型启动机	(365)
本章小结	(371)
自测题	(371)
第 10 章 进排气系统及排气净化装置	(372)
本章教学提示	(372)
本章教学要求	(372)
理论知识	(372)
10.1 进排气系统的功用	(372)
10.2 进气系统	(373)
10.2.1 空气滤清器	(374)
10.2.2 进气歧管	(377)
10.3 排气系统	(382)
10.3.1 排气管	(382)
10.3.2 消声器	(382)
10.3.3 排气净化装置	(383)
10.4 发动机增压和增压器	(388)
10.4.1 概述	(388)
10.4.2 废气涡轮增压	(390)
实操技能	(392)
10.5 进、排气系统的拆装	(392)
10.5.1 拆装进气歧管	(392)
10.5.2 检修进气歧管	(393)
10.5.3 拆装排气歧管	(393)
10.5.4 检修排气歧管	(393)
10.5.5 拆装排气消声器	(394)
10.5.6 检修排气消声器	(394)
10.5.7 检修曲轴箱强制通风系统	(394)
10.5.8 检修废气再循环系统	(394)
本章小结	(395)
自测题	(395)
参考文献	(396)

第 1 章

发动机的基本工作原理与总体构造

◎ 本章教学提示

本章主要讲述发动机的类型、常用术语、构造及工作原理，发动机的性能指标、特性；介绍了常用维修工具、总成拆装，发动机型号编制规则；同时比较了各种发动机。

◎ 本章教学要求

- 1) 掌握汽油机、柴油机一般构造及其组成，汽油机、柴油机的工作情况。
- 2) 熟悉发动机常用术语，掌握发动机的类型。
- 3) 掌握发动机型号编制规则，正确识读内燃机型号。
- 4) 理解单缸二、四冲程汽油、柴油机的工作原理，掌握它们各自的特点。
- 5) 了解发动机的性能指标：指示性指标、动力性指标和经济性指标。
- 6) 了解发动机速度特性、负荷特性，即发动机的工作状况。



理论知识

发动机是将其他形式的能量转化为机械能的机器。汽车发动机是将燃料在汽缸内部燃烧产生的热能直接转化为机械能的动力机械。它是汽车的心脏，是汽车的动力源。在现代汽车中，应用最广、数量最多的发动机是水冷式四冲程往复式活塞式内燃机。

内燃机具有单机功率范围大（0.6~16 860 kW）、热效率高（汽油机略高于 0.3，柴油机达 0.4 左右）、结构紧凑、体积小、质量轻、操作简单、便于启动等优点，所以它被广泛地用作汽车动力，同时也广泛应用于船舶、火车、拖拉机、工程机械等。

1.1 发动机的类型

① 按着火方式分类，可分为压燃式与点燃式发动机。压燃式发动机为压缩汽缸内的空气或可燃混合气，产生高温，引起燃料自燃的内燃机；点燃式发动机是将压缩汽缸内的可燃混合气，用点火器点燃的内燃机。压燃式发动机如图 1-1 所示，点燃式发动机如图 1-2 所示。

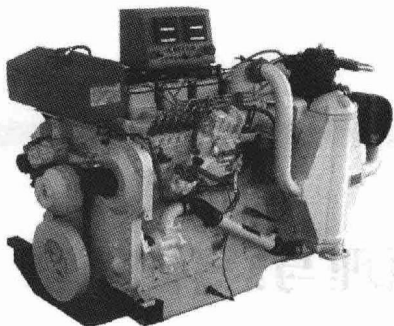


图 1-1 压燃式发动机

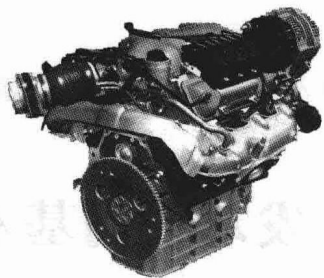


图 1-2 点燃式发动机

② 按使用燃料种类分类,可分为汽油机、柴油机、气体燃料发动机、煤气机、液化石油气发动机以及多种燃料发动机。汽油机与柴油机如图 1-3 所示。

③ 按冷却方式分类,可分为水冷式、风冷式发动机。以水或冷却液为冷却介质的称作水冷式发动机;以空气为冷却介质的称作风冷式发动机。水冷与风冷发动机如图 1-4 所示。

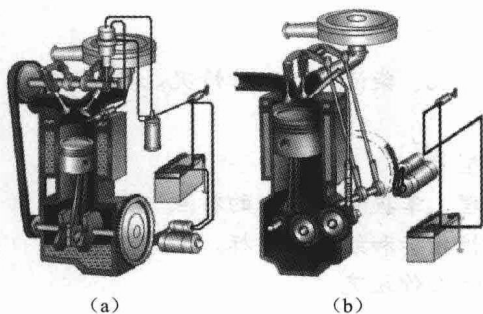


图 1-3 汽油机与柴油机

(a) 汽油机; (b) 柴油机

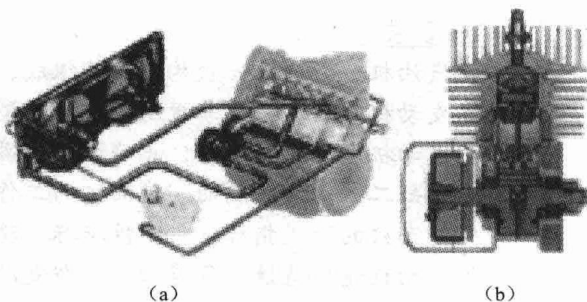


图 1-4 水冷与风冷发动机

(a) 水冷发动机; (b) 风冷发动机

④ 按进气状态分类,可分为非增压(或自然吸气)和增压发动机。非增压发动机是指进入汽缸前的空气或可燃混合气未经气机压缩的发动机,仅带扫气泵而不带增压器的二冲程发动机亦属此类;增压发动机是指进入汽缸前的空气或可燃混合气已经在压气机内压缩,从而增大进气充量密度的发动机。非增压与增压发动机如图 1-5 所示。

⑤ 按冲程数分类,可分为二冲程和四冲程发动机。在发动机内,每一次将热能转变为机械能,都必须经过吸入新鲜充量(空气或可燃混合气)、压缩(当新鲜充量为空气时还要输入燃料),使之着火燃烧而膨胀做功,然后将生成的废气(已燃气体)排出汽缸这样一系列连续过程,成为一个工作循环。对于往复活塞式发动机,可以根据每一工作循环所需活塞行程数来分类。凡活塞往复四个单程(或曲轴旋转两转)完成一个工作循环的称为四冲程发动机;活塞往复两个单程(或曲轴旋转一转)完成一个工作循环的称为二冲程发动机。

⑥ 按汽缸数及布置分类,仅有一个汽缸的称为单缸发动机,有两个以上汽缸的称为多缸发动机;单缸与多缸发动机如图 1-6 所示。

⑦ 根据汽缸中心线与水平面垂直、成一定角度和平行的发动机,分别称为立式、斜置式与卧式发动机;多缸发动机根据汽缸间的排列方式可划分为直列式(汽缸呈一列布置),如图

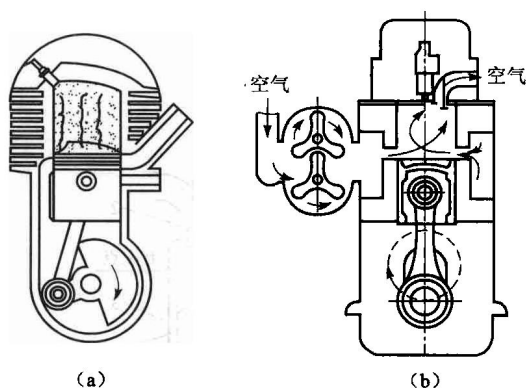


图 1-5 非增压与增压发动机

(a) 非增压发动机; (b) 增压发动机

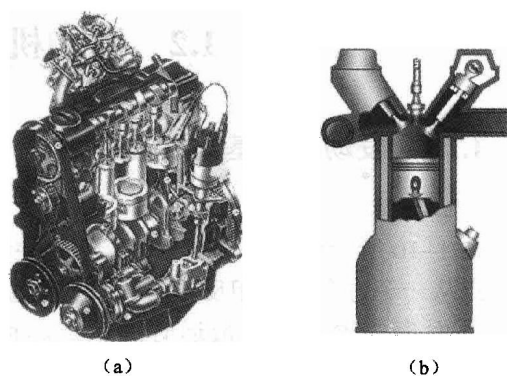


图 1-6 单缸与多缸发动机

(a) 多缸发动机; (b) 单缸发动机

1-7 所示、对置式（汽缸呈两列布置、且两列汽缸之间的中心线呈 180° ）如图 1-8 所示；V 形（汽缸呈两列布置，且两列汽缸之间夹角为 V 形），如图 1-9 所示；等等发动机。

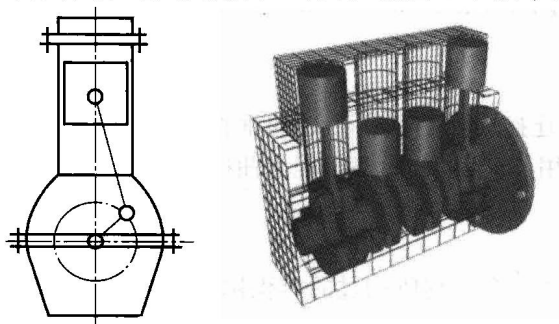


图 1-7 直列式发动机

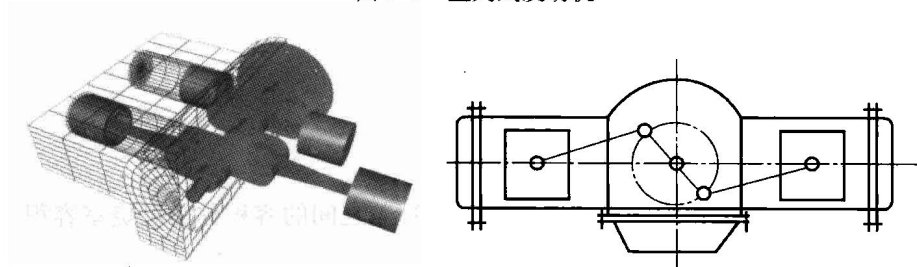


图 1-8 对置式发动机

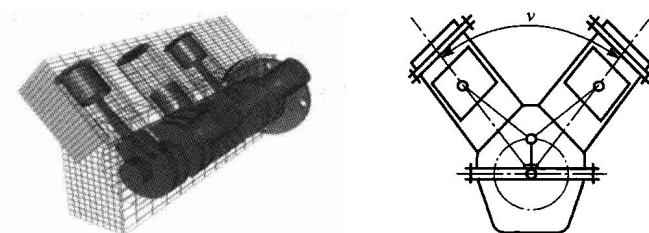


图 1-9 V 形发动机