

21

世纪高职高专汽车技术系列教材

汽车电子技术类



汽车 QICHE

发动机电控技术

fadongji diankong jishu

◎ 主编 黄嘉宁 副主编 管卫华 主审 刘家鹤

华南理工大学出版社

21

世纪高职高专汽车技术系列教材
shiji gaozhigaozhuan qiche jishu xiliejiaocai



● 汽车技术类

现代汽车导论
现代汽车构造
现代汽车维护
汽车自动空调技术
汽车自动变速器原理与检修

● 汽车技术服务与营销类

汽车营销基础与实务
汽车贸易理论与实务
汽车销售技法
汽车配件管理与营销
汽车维修服务与管理
经济法与汽车法规
汽车金融
二手车鉴定评估
汽车电子商务

● 汽车电子技术类

汽车电工电子基础
汽车发动机电控技术
汽车发动机电控技术实训
汽车底盘电控技术
汽车底盘电控技术实训
汽车车身电控技术
汽车车身电控技术实训
汽车电路分析及故障排除
汽车电子产品工艺基础
汽车电子产品检测与鉴定

QICHE 汽车
fadongji diankong jishu

发动机电控技术

策划编辑：袁 泽 孟宪忠
责任编辑：谢茉莉
封面设计：邓传志 梁少玲

ISBN 978-7-5623-2759-2



9 787562 327592 >

定价：38.00元

21 世纪高职高专汽车技术系列教材·汽车电子技术类

汽车发动机电控技术

主 编 黄嘉宁

副主编 管卫华

主 审 刘家鹤

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书将汽车发动机(汽油发动机、柴油发动机)构造和汽车发动机电控技术两大部分有机地整合,全面系统地介绍了汽车发动机基本原理、基本构造、电子控制系统、故障检测、诊断与排除等知识。全书共分七章,内容包括汽车发动机的工作原理和总体结构、汽油机电控燃油喷射(EFI)系统、汽油机辅助控制系统、汽油机电控点火系统、汽油机电控燃油喷射系统常见故障诊断与排除、柴油机燃料供给系统、柴油机电控系统。

本书内容新颖,图文并茂,可作为高等职业学院、高等专科学校、成人院校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校汽车检测与维修、汽车运用等相关专业的教材,也可以作为汽车技术培训等相关课程的教材,还可供汽车维修人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控技术/黄嘉宁,管卫华编著. —广州:华南理工大学出版社, 2008.8

(21世纪高职高专汽车技术系列教材·汽车电子技术类)

ISBN 978-7-5623-2759-2

I. 汽… II. ①黄…②管… III. 汽车-发动机-电气控制-高等学校:技术学校-教材
IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 131171 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87110964 87111048 (传真)

E-mail: z2cb@scut.edu.cn

<http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 谢茉莉

印刷者: 广州市穗彩彩印厂

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 24 字数: 600 千

版次: 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1~3 000 册

定 价: 38.00 元

版权所有 盗版必究

21 世纪高职高专汽车技术系列教材

编 委 会

顾 问：刘家鹤 （中国汽车工程学会汽车电子专业委员会原主任，深圳市汽车工业贸易总公司总工程师）

主 任：贺 萍

副 主 任：马 骏 刘越琪 胡艳曦

编 委：（以下按姓氏笔画为序）

马 骏 （东风日产乘用车公司技术中心）

朱方来 （深圳职业技术学院）

刘越琪 （广东交通职业技术学院）

阮少宁 （广州丰田汽车特邀维修有限公司）

李国正 （深圳职业技术学院）

邱 洁 （深圳职业技术学院）

张继良 （广东中奥汽车销售服务有限公司）

张景来 （东莞南博职业技术学院）

孟国强 （广东交通职业技术学院）

赵良久 （广东轻工职业技术学院）

侯益坤 （广东工贸职业技术学院）

胡艳曦 （广东工程职业技术学院）

贺 萍 （深圳职业技术学院）

唐文初 （广东农工商职业技术学院）

黄嘉宁 （广州康大职业技术学院）

蒲永峰 （广东轻工职业技术学院）

潘伟荣 （广东交通职业技术学院）

策划编辑：袁 泽 孟宪忠

总 序

从我国汽车工业发展历史上看：从1955年我国开始生产汽车，到1992年我国年产汽车106.1万辆，突破百万辆大关让我们用了整整37年的时间。但是到2007年，我国已年产汽车880万辆，稳坐世界排名第三的交椅。按照最近几年的年增长率（20%~30%）和今年前几个月的实际产量来看，今年我国汽车的年产量很有可能突破1千万辆的大关。这就是说：我们从年产100万辆到年产1千万辆只用了16年时间。年产1千万辆意味着什么？意味着我们距离世界上最发达的两个工业大国——美国和日本已经很近了。这两个国家的汽车年产量多年来一直在1千万辆上下徘徊。

随着汽车年产量的增长，我国的汽车拥有量也急剧增加。到2006年底，我国的汽车加上其他机动车的拥有量已达12495.1万辆，而到今年年底，这个数字肯定会超过1.5亿辆。

这么庞大的在用车数字必将造就一个更加庞大的汽车后市场。例如，汽车油料供应市场、高速公路和一般公路修建养护的市场、汽车运输物流业市场、汽车自驾旅游业市场、汽车保养维修业市场……数不胜数难以尽述。除此之外，在教育领域里，除常规的大学本科、研究生等这一类高级汽车人才的培养方式之外，必然还会有许多汽车驾驶员培训、汽车修理工培训等多种类培养人才的形式出现，其中高职高专类院校对高技能人才的教育培养方式引起了全社会的关注和重视。

单就人才需求这方面来看，近年来在沿海一些经济较发达地区，有经验的汽车修理技工已成为奇缺的人才。在深圳，招一个有一定实际工作经验的汽车修理工开出的工资价位已经接近或超过招本科毕业生的水平。

由于汽车科技的迅速发展，现在的汽车上大多装有一个或几个电脑控制系统。汽车维修技工不能像以前那样只靠眼耳手和老经验就可以修好车，他们必须要接受专门的培训，掌握专门的维修仪器设备的使用方法才有可能把汽车故障排除掉，才能够胜任汽车维修工作。当然，这也就推动着汽车类高职高专教育的迅猛发展。

培养具有一定科技知识水平同时又有较强的动手能力的汽车类实用型人才，已经成为我国汽车类大专院校和职业技术学院在21世纪开头这一段较长时间里的紧迫任务。

华南理工大学出版社顺应了这一历史潮流，根据我国汽车电子类专业的教育发展需求，组织有关的高职高专院校及著名汽车企业的一些教师、学者、专家和技术人员联合编写了一套适用于高职高专层次学生使用的汽车电子技

术系列教材。

这一套教材的编写指导思想是：集各学院教学经验之所长，与企业对接，坚持理论联系实际，强调实践性和实用性，突出新颖性、先进性、规模性和系统性，使学生与企业零距离接轨。

汽车电子技术是一个跨机械（汽车）学科和电子学科两大门类的两栖学科。华南理工大学出版社组织编写的这一套教材将这两个学科进行了很好的融合，我们可以明显看出，这套教材具有如下一些特点：

（1）基础知识面宽，但不刻意追求深度，符合“必需、够用”的原则。例如，“汽车电工电子基础”这一教材就把学生必须掌握的多方面基础知识（电学的、电工学的、电子学的）都包罗在内，但却又是点到为止，不作无谓的深究。就读的学生即使原有的文化基础稍有差异，也都可以通过这门基础课得以填平补齐，为以后学好专业课打下基础。

（2）在专业课的内容设置上，强调了“全而新”。一方面注意传授传统的汽车技术知识，另一方面又能把汽车电子的很多新技术知识收罗进来。这就可以使学生通过这些专业课的学习得到一个较为宽阔的全新视野。

（3）特别注意“理论联系实际”。各教材都在书中尽可能地穿插必要的实操课程内容。众所周知，在现有的高职高专院校中，无一例外的是理论和实践并重；稍有差别的是：有的学校是先讲理论课，后上实操（训）课，而有的学校则是理论课和实操（训）课交叉进行。但大家的目的都是一致的：让学生既学到理论知识又能动手实操。这一套教材可以让大家达到这一目的。

（4）符合学校教育的习惯，这一套教材在书中穿插布置了较多的复习题、计算题，便于师生加以利用。

（5）注意结合国情。一些专业课在选材时很注意选择一些结合我国汽车维修企业现有实际状况的实际案例或是国内维修厂常用的国产的仪器设备加以讲解，这样学生将来走出校门进入厂门时就不会感到陌生，就很容易胜任工作。

我们期望这一套教材的问世能有助于满足国内大批高职高专院校的教材需求，有助于满足广大学生的学习要求，最终有助于汽车电子技术类两栖人才的早日成材，从而舒缓当前这类人才十分紧俏的局面。

中国汽车学会汽车电子专业委员会原主任

刘家鹤

2008年6月

前 言

随着社会的不断进步和发展,人们对汽车的使用性能要求越来越高,传统的汽车机械系统与电气系统已很难满足日趋严格的关于汽车节能、排放与安全法规的要求。近30年来,由于电子技术和电子计算机技术的迅猛发展,现代汽车技术也突飞猛进,汽车控制系统电子化、集成化、网络化和智能化的趋势越来越明显。特别是高级轿车的功能和结构越来越复杂,汽车电控系统越来越完善,故障诊断与排除越来越依赖于高、精、尖的检测仪器与设备。作为我国未来汽车维修行业主力军的高职高专汽车专业的学生,必须要全面、系统地掌握有关汽车发动机电控技术的基础知识。

汽车上的电子控制系统最初是从半导体三极管取代传统点火系中继电器的白金触点开始的,然后进化到电子点火、电脑点火,后来进一步发展为电脑控制喷油和点火,以及其他的控制功能。

“汽车发动机电子控制技术”是一门专业课,高职高专院校的汽车专业基本上都开设了这门课程。传统教学模式是学生在学完“汽车发动机构造”后才开设该门课程的。由于现在很多院校实施“2+1”的培养模式,即在3年学制中,前2年在学校课堂学习,后1年用于实习和就业准备,使得理论教学的授课时间非常紧迫,课程安排难度较大。为此,很多院校正在引进和尝试模块化教学,即将汽车分为发动机、底盘、车身等模块,将相关内容整合后集中教学。

本教材力图将汽车发动机构造、汽车发动机电子控制系统、汽车发动机新技术、汽车发动机电控系统的故障诊断与故障排除、汽车发动机故障诊断仪器的使用等知识有机地整合为一个模块,为实施模块化教学提供一本好的教材。

本教材内容全面,涵盖了汽车发动机技术各个主要方面的知识点。在整合的过程中注重各方面知识的内在联系和逻辑性,使它们有机地结合起来。同时,在编写过程中,考虑到目前我国高职高专教育的特点,力求从生产一线对汽车专业人才知识、能力的需要出发,本着理论知识必需、够用的原则,重点对汽车发动机电控系统的基本组成、结构原理、常见故障诊断、检修方

法等作了介绍。

本教材内容与汽车发动机新技术结合紧密,图文并茂,深浅适宜,针对性强。书中一些内容可能是同类教材中首次出现的,并有详细的介绍。

本教材主要是针对具有高中文化程度的普通高职高专院校汽车专业的学生编写的,同时也可供具有初中以上文化程度的职校、技校、中专、大专院校等相关专业的学生使用。对已参加工作的汽车维修或生产企业的工人、技师、大学本科汽车专业学生也具有参考价值,也可作为这方面员工的培训教材或参考书。

使用本教材以每周6学时授课为佳。

本书第一、六章由广东农工商职业技术学院管卫华编写,第二、三、四、五、七章由广州康大职业技术学院黄嘉宁编写;全书由黄嘉宁统稿。

本书由武汉大学刘家鹤教授主审。刘家鹤教授对本书提出了许多宝贵的意见和修改建议,在此表示衷心的感谢。东风日产公司的马骏高级工程师、华南理工大学出版社的编辑为本书的出版倾注了大量的心血,在此也表示感谢。本书编写过程中参考了许多文献、资料,对相关的作者表示诚挚的谢意!

编 者

2008年4月

目 录

第一章 汽车发动机	(1)
第一节 汽车发动机的工作原理和总体构造	(1)
一、基本概念	(1)
二、发动机的工作原理	(2)
三、汽车发动机的总体构造	(5)
第二节 曲柄连杆机构	(6)
一、概述	(6)
二、机体组	(7)
三、活塞连杆组	(11)
四、曲轴飞轮组	(19)
第三节 配气机构	(23)
一、概述	(23)
二、配气相位	(25)
三、气门驱动组的主要机件	(26)
四、气门组的主要机件	(33)
第四节 汽油机燃料供给系	(39)
一、概述	(39)
二、汽油供给装置	(39)
三、空气供给装置——空气滤清器	(41)
四、简单化油器与可燃混合气的形成过程	(42)
五、可燃混合气成分对发动机工作的影响	(43)
六、发动机在各种工况下对可燃混合气的要求	(44)
第五节 启动系	(45)
一、概述	(45)
二、启动机的组成与类型	(45)
三、直流电动机	(47)
四、启动机的传动机构	(49)
五、启动机的操纵机构	(52)
六、减速启动机	(54)
第六节 冷却系	(56)
一、概述	(56)
二、水冷却系主要机件的构造与工作原理	(58)
第七节 润滑系	(65)

一、概述	(65)
二、润滑系的油路及工作过程	(67)
三、润滑系的主要机件	(70)
四、曲轴箱通风	(75)
练习题	(76)
第二章 汽油机电子控制燃油喷射系统	(78)
第一节 汽油机电子控制燃油喷射系统的种类	(78)
一、机械控制式汽油喷射系统	(78)
二、多点式电子控制汽油喷射系统	(80)
三、单点式电子控制汽油喷射系统	(85)
四、博世 M 型汽油喷射系统	(86)
第二节 电子控制燃油喷射系统的组成及工作原理	(87)
一、空气供给系统	(87)
二、燃油供给系统	(88)
三、电子控制系统	(89)
四、电控汽油喷射系统的工作原理	(90)
第三节 电子控制单元的供电电路	(91)
一、由电控单元控制 EFI 主继电器的供电电路	(91)
二、由点火开关控制 EFI 主继电器的供电电路	(92)
第四节 电子控制燃油喷射系统常用的传感器	(92)
一、空气流量传感器	(92)
二、进气压力传感器	(105)
三、曲轴位置传感器	(109)
四、凸轮轴位置传感器	(118)
五、冷却液温度传感器	(120)
六、进气温度传感器	(122)
七、节气门位置传感器	(122)
第五节 电子控制单元	(127)
一、电控单元的组成	(127)
二、电控单元的工作原理	(128)
三、典型电控单元分析	(130)
四、车用电脑防电磁干扰的技术措施	(142)
五、电控单元的检修	(143)
第六节 电子控制燃油喷射系统常用的执行器	(145)
一、电动汽油泵	(145)
二、喷油器	(155)
三、燃油压力调节器及电磁真空控制阀	(163)
四、继电器	(166)
五、怠速控制	(168)

练习题	(176)
第三章 辅助控制系统	(178)
第一节 进气增压控制系统	(178)
一、谐波进气增压控制系统	(178)
二、可变气门正时技术与气门控制系统	(181)
三、废气涡轮增压控制系统	(188)
四、VCM 可变汽缸管理系统	(190)
第二节 排放控制系统	(194)
一、氧浓度传感器	(194)
二、三元催化装置	(201)
三、废气再循环控制系统 (EGR)	(202)
第三节 巡航控制系统	(205)
一、巡航控制系统概述	(205)
二、微电脑巡航控制系统的组成	(205)
三、巡航控制系统的工作原理	(208)
四、典型巡航控制系统	(208)
第四节 其他辅助控制系统	(214)
一、燃油蒸气排放控制系统	(214)
二、电子控制节气门系统	(216)
三、冷却风扇控制系统	(217)
四、发电机控制系统	(218)
五、失效安全保护系统	(218)
六、应急备用功能	(219)
练习题	(220)
第四章 汽油机电子控制点火系统	(221)
第一节 触点式点火系统	(221)
一、触点式点火系的组成	(221)
二、触点式点火系的工作原理	(234)
三、点火系的线路连接与检测	(235)
四、常见故障诊断与排除	(237)
第二节 无触点式电子点火系统	(242)
一、无触点磁感应式电子点火系统	(243)
二、无触点霍尔式点火系统	(247)
三、无触点光电式电子点火系统	(255)
第三节 电脑控制点火系统	(258)
一、有分电器电脑控制点火系统	(258)
二、无分电器电脑控制点火系统	(258)
第四节 爆燃控制系统	(266)

一、爆燃控制系统的组成与爆燃的控制·····	(266)
二、爆震传感器·····	(268)
练习题·····	(272)
第五章 汽油机电控燃油喷射系统常见故障诊断与排除·····	(273)
第一节 故障诊断程序及注意事项·····	(273)
一、故障诊断基本程序·····	(273)
二、汽油机电控燃油喷射系统故障诊断应注意的事项·····	(273)
第二节 导线及插接器故障诊断·····	(275)
第三节 故障自诊断·····	(277)
一、OBD-Ⅱ系统·····	(277)
二、汽车电脑解码器·····	(279)
三、使用故障自诊断插座提取故障信息·····	(304)
第四节 几种人工诊断的方法·····	(305)
一、故障表诊断法·····	(305)
二、故障征兆模拟诊断法·····	(305)
三、电路检测诊断法·····	(307)
第五节 车用示波器的使用·····	(310)
一、汽车专用示波器概述·····	(310)
二、汽车专用示波器简介·····	(313)
三、示波器的使用方法·····	(315)
第六节 常见典型故障诊断与排除实例·····	(318)
一、奔驰 SLK230 发动机异常熄火·····	(318)
二、丰田子弹头旅行车在行驶途中自动熄火·····	(320)
三、奔驰 E320 启动后自动熄火·····	(321)
四、案例点评·····	(322)
练习题·····	(323)
第六章 柴油机燃料供给系统·····	(324)
第一节 概述·····	(324)
第二节 柴油机可燃混合气的形成·····	(325)
第三节 燃烧室·····	(327)
第四节 喷油器·····	(329)
第五节 喷油泵·····	(330)
第六节 典型喷油泵的构造·····	(336)
第七节 喷油泵的驱动与供油提前角调节器·····	(343)
第八节 调速器·····	(345)
第九节 柴油机燃料系的辅助装置·····	(349)
第十节 生物柴油简介·····	(350)
练习题·····	(351)

第七章 柴油机电控系统.....	(352)
第一节 概述.....	(352)
一、柴油机电控燃油喷射系统的基本组成.....	(352)
二、柴油机电控燃油喷射系统的工作原理.....	(353)
第二节 共轨燃油喷射系统.....	(354)
一、高压共轨系统的优点.....	(354)
二、高压共轨燃油喷射系统主要部件.....	(354)
第三节 柴油机的故障诊断与排除.....	(359)
一、故障诊断与排除的常用方法.....	(359)
二、故障自诊断.....	(359)
三、失效保护.....	(363)
四、奥迪 A6 3.0 - V6 - TDI 型柴油发动机共轨燃油供给系统	(363)
练习题.....	(364)
附录.....	(365)
参考文献.....	(368)

第一章 汽车发动机

发动机是将燃料燃烧的热能转化为机械能的一种机器。

现代汽车用发动机多为往复式活塞式内燃机，简称活塞式内燃机。它将燃料在汽缸内燃烧的热能直接转化成机械能。

第一节 汽车发动机的工作原理和总体构造

一、基本概念

如图 1.1.1 所示，活塞置于汽缸中，活塞可在汽缸内作往复直线运动，活塞通过连杆和曲轴相连，曲轴可绕其轴线旋转。

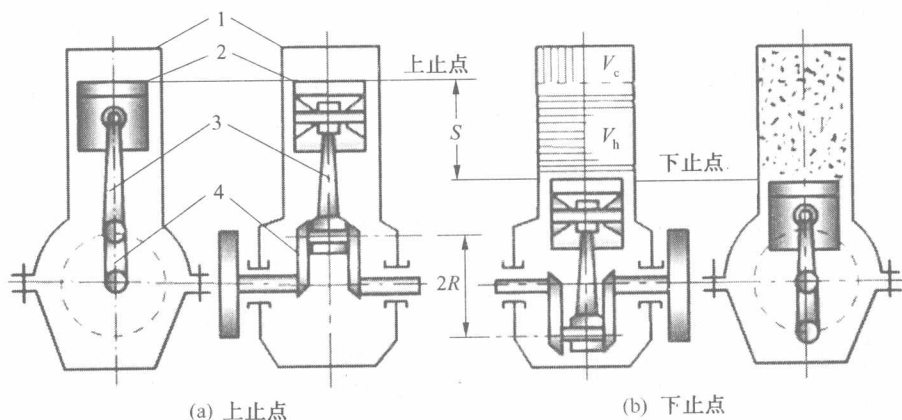


图 1.1.1 发动机基本术语示意图

1—汽缸盖；2—活塞；3—连杆；4—曲轴

- (1) 上止点：活塞离曲轴回转中心最远处，通常指活塞上行到最高位置。
- (2) 下止点：活塞离曲轴回转中心最近处，通常指活塞下行到最低位置。
- (3) 活塞行程 S ：上、下两止点间的距离（单位：mm）。完成一个活塞行程，曲轴旋转 180° 。
- (4) 曲柄半径 R ：与连杆下端（即连杆大头）轴孔相连的连杆轴颈中心到曲轴回转中心的距离（单位：mm）。曲轴每转一转，活塞移动两个行程。
- (5) 汽缸工作容积 V_h ：活塞从上止点到下止点所让出的汽缸空间容积（单位：L）。

$$V_h = \pi D^2 / (4 \times 10^6 S) \quad (\text{L})$$

式中： D 为汽缸直径（单位：mm）。

- (6) 发动机排量 V_L ：发动机所有汽缸工作容积之和（单位：L）。设发动机的汽缸数

为 i , 则

$$V_L = iV_h \quad (L)$$

(7) 燃烧室容积 V_c : 活塞在上止点时, 活塞上方的空间叫燃烧室, 它的容积叫燃烧室容积 (单位: L)。

(8) 汽缸总容积 V_a : 活塞在下止点时, 活塞上方的容积称为汽缸总容积 (单位: L), 它等于汽缸工作容积与燃烧室容积之和, 即

$$V_a = V_h + V_c \quad (L)$$

(9) 压缩比 ϵ : 汽缸总容积与燃烧室容积的比值, 即

$$\epsilon = V_a/V_c = (V_h + V_c)/V_c = 1 + V_h/V_c$$

它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。压缩比越大, 压缩终了时汽缸内的气体压力和温度就越高。一般车用汽油发动机 (简称汽油机) 的压缩比为 6~10, 柴油发动机 (简称柴油机) 的压缩比为 15~22。

(10) 发动机的工作循环: 指在汽缸内进行的每一次将燃料燃烧的热能转化为机械能的一系列连续过程 (进气、压缩、做功和排气)。

(11) 二冲程发动机: 指活塞往复两个行程完成一个工作循环。

(12) 四冲程发动机: 指活塞往复四个行程完成一个工作循环。

二、发动机的工作原理

(一) 汽油机的工作原理

以四冲程汽油机为例。四冲程汽油机是由进气、压缩、做功和排气完成一个工作循环的, 图 1.1.2 所示为单缸四冲程汽油机工作原理示意图。

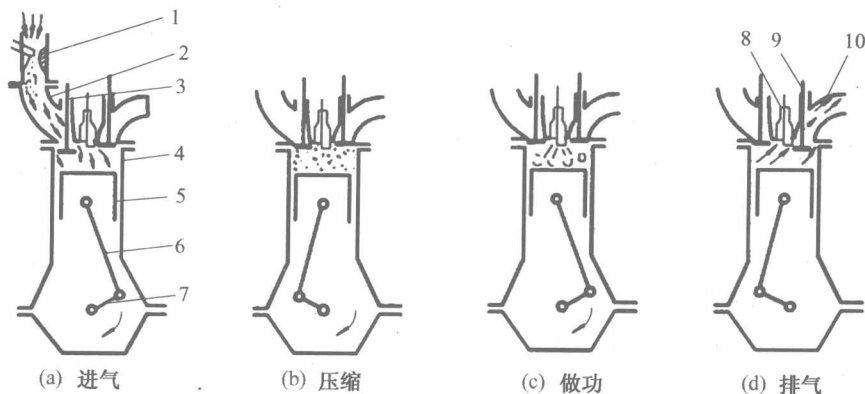


图 1.1.2 单缸四冲程汽油机工作原理示意图

1—喉管; 2—进气歧管; 3—进气门; 4—汽缸; 5—活塞; 6—连杆; 7—曲轴;
8—火花塞; 9—排气门; 10—排气歧管

1. 进气行程

(1) 活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动。

(2) 进气门开启, 排气门关闭。

(3) 由于活塞下移, 活塞上腔容积增大, 形成一定真空度, 在真空吸力的作用下, 空