

# 汽车构造

QICHE GOUZAO

主编◎惠有利 沈 沉



高等职业教育示范校建设成果教材·汽车类

# 汽车构造

主 编 惠有利 沈 沉  
副主编 刘 杨 邱 林 汪 涛

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

## 内 容 简 介

本书以能力培养为主线,系统介绍了汽车发动机和底盘各组成部分的功用、结构及工作原理。主要内容包括:总论、发动机基本原理和总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系统、汽油机点火系统、冷却系统、润滑系统、汽油机辅助控制系统、离合器、手动变速器、自动变速器、万向传动装置、驱动桥、车桥与车轮定位、车轮与轮胎、车架与悬架、转向系统、常规制动系统和汽车防滑控制系统。本书充分体现高等教育特点,内容贴合实际,易懂易学。

本书图文并茂、内容详尽,可作为高等院校汽车专业的教学用书,也可作为各类汽车维修培训教材及从事修理行业人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车构造/惠有利,沈沉主编. —北京:北京理工大学出版社,2016.1  
ISBN 978-7-5682-1137-6

I. ①汽… II. ①惠…②沈… III. ①汽车—构造—高等学校—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第199996号

---

---

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市华骏印务包装有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/24.5

字 数/575千字

版 次/2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

定 价/59.00元

责任编辑/张慧峰

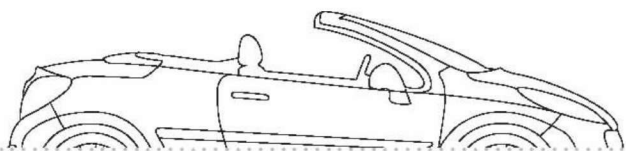
文案编辑/杜春英

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



# 前言

P R E F A C E

“汽车构造”以教育部高职高专汽车技术服务与营销专业的教学大纲为基础，是基于国家示范性高等职业院校建设方案、设计与实施工作任务设计的项目课程。

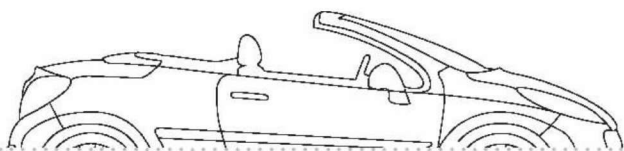
本书作者在多年从事“汽车构造”课程教学及大量社会调研的基础上，充分考虑了当前职业教育教学的特点，以职业能力培养为主线，系统介绍了汽车发动机和底盘各组成系统零部件的结构及工作原理。主要包括：总论、发动机基本原理和总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系统、汽油机点火系统、冷却系统、润滑系统、汽油机辅助控制系统、离合器、手动变速器、自动变速器、万向传动装置、驱动桥、车桥与车轮定位、车轮与轮胎、车架与悬架、转向系统、常规制动系统和汽车防滑控制系统。本书内容由浅入深、通俗易懂。本书在编写的过程中力求将职业教育发展的新形势和国内外汽车工业发展的新知识、新技术相结合，并贯彻一体化教学的要求，体现出生产一线技术与管理实际需要紧密结合，并与职业资格或职业岗位能力紧密结合的特点，有较强的针对性和实用性。

本书由辽宁省交通高等专科学校惠有利、沈沉任主编，辽宁省交通高等专科学校刘杨、汪涛和辽宁铁道职业技术学院邱林任副主编，参加编写的还有孔繁瑞、孙影、郭明华、张义、张丽丽、项仁峰、金艳秋、修玲玲、黄宜坤、翟静、崔波、仲琳琳。

本书可作为高职高专院校汽车技术服务与营销、汽车整形技术等相关专业的教学用书，也可作为各类汽车职业培训用书。

由于时间仓促及编者水平有限，书中难免有不当之处，恳请读者批评指正。

编 者



# 目 录

C O N T E N T S

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 总论                  | 001 |
| 0.1 汽车及汽车工业的发展      | 001 |
| 0.2 汽车的总体构造         | 004 |
| 学习单元一 发动机基本原理和总体构造  | 008 |
| 1.1 发动机的基本术语        | 008 |
| 1.2 发动机的基本工作原理      | 010 |
| 1.3 发动机的总体构造        | 013 |
| 学习单元二 曲柄连杆机构        | 017 |
| 2.1 概述              | 017 |
| 2.2 机体组             | 019 |
| 2.3 活塞连杆组           | 028 |
| 2.4 曲轴飞轮组           | 038 |
| 学习单元三 配气机构          | 049 |
| 3.1 概述              | 049 |
| 3.2 气门组             | 057 |
| 3.3 气门传动组           | 061 |
| 3.4 配气相位及可变配气相位控制机构 | 065 |
| 学习单元四 汽油机燃料供给系统     | 072 |
| 4.1 概述              | 072 |
| 4.2 空气供给系统与废气排出系统   | 078 |
| 4.3 燃油供给系统          | 084 |
| 4.4 控制系统            | 089 |
| 学习单元五 汽油机点火系统       | 109 |
| 5.1 概述              | 109 |
| 5.2 普通电子点火系统        | 110 |
| 5.3 电控电子点火系统        | 122 |
| 学习单元六 冷却系统          | 141 |
| 6.1 概述              | 141 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 6.2 冷却系统各主要零部件的构造 .....      | 143 |
| <b>学习单元七 润滑系统</b> .....      | 154 |
| 7.1 概述 .....                 | 154 |
| 7.2 润滑系统各主要零部件的构造 .....      | 156 |
| <b>学习单元八 汽油机辅助控制系统</b> ..... | 164 |
| 8.1 怠速控制系统 .....             | 164 |
| 8.2 进气控制系统 .....             | 172 |
| 8.3 增压控制系统 .....             | 176 |
| 8.4 排放控制系统 .....             | 181 |
| <b>学习单元九 离合器</b> .....       | 193 |
| 9.1 概述 .....                 | 193 |
| 9.2 离合器的结构和工作原理 .....        | 194 |
| 9.3 离合器的操纵机构 .....           | 198 |
| <b>学习单元十 手动变速器</b> .....     | 203 |
| 10.1 概述 .....                | 203 |
| 10.2 变速器的变速传动机构 .....        | 204 |
| 10.3 同步器 .....               | 210 |
| 10.4 变速器的操纵机构 .....          | 211 |
| <b>学习单元十一 自动变速器</b> .....    | 215 |
| 11.1 概述 .....                | 215 |
| 11.2 液力变矩器 .....             | 219 |
| 11.3 齿轮变速机构 .....            | 222 |
| 11.4 换挡执行元件 .....            | 224 |
| 11.5 液压控制系统 .....            | 228 |
| 11.6 电子控制系统 .....            | 233 |
| 11.7 典型自动变速器 .....           | 239 |
| 11.8 无级变速器 .....             | 246 |
| 11.9 双离合器自动变速器 .....         | 249 |
| <b>学习单元十二 万向传动装置</b> .....   | 251 |
| 12.1 概述 .....                | 251 |
| 12.2 万向节 .....               | 253 |
| 12.3 传动轴与中间支承 .....          | 259 |
| 12.4 中间支承 .....              | 260 |
| <b>学习单元十三 驱动桥</b> .....      | 261 |
| 13.1 概述 .....                | 261 |
| 13.2 主减速器 .....              | 263 |
| 13.3 差速器 .....               | 264 |
| 13.4 半轴与桥壳 .....             | 267 |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 学习单元十四 车桥与车轮定位 .....    | 270 |
| 14.1 车桥 .....           | 270 |
| 14.2 车轮定位 .....         | 275 |
| 学习单元十五 车轮与轮胎 .....      | 280 |
| 15.1 概述 .....           | 280 |
| 15.2 车轮 .....           | 281 |
| 15.3 轮胎 .....           | 285 |
| 学习单元十六 车架与悬架 .....      | 290 |
| 16.1 车架 .....           | 290 |
| 16.2 悬架 .....           | 292 |
| 16.3 电控悬架 .....         | 305 |
| 学习单元十七 转向系统 .....       | 317 |
| 17.1 概述 .....           | 317 |
| 17.2 机械转向系统 .....       | 319 |
| 17.3 液压动力转向系统 .....     | 323 |
| 17.4 电控动力转向系统 .....     | 328 |
| 学习单元十八 常规制动系统 .....     | 337 |
| 18.1 概述 .....           | 337 |
| 18.2 车轮制动器 .....        | 339 |
| 18.3 驻车制动器 .....        | 346 |
| 18.4 液压制动传动装置 .....     | 349 |
| 学习单元十九 汽车防滑控制系统 .....   | 356 |
| 19.1 汽车防抱死制动系统 .....    | 356 |
| 19.2 汽车驱动防滑控制系统 .....   | 371 |
| 19.3 汽车电子稳定程序控制系统 ..... | 377 |
| 参考文献 .....              | 383 |



# 总论



1. 能够正确描述汽车的定义与类型。
2. 能够正确描述汽车总体构造与总体布置形式。



## 0.1 汽车及汽车工业的发展

### 0.1.1 汽车的含义

汽车是由动力驱动，具有4个或4个以上车轮的非轨道承载的车辆，主要用于运送人员、货物及做某些特殊用途。此外，汽车还包括与电力线相连的车辆（如无轨电车等）以及整车整备质量超过400 kg的三轮车辆等。

### 0.1.2 汽车发展简史

#### 1. 汽车的诞生

1885年，德国工程师卡尔·本茨在曼海姆制造出一辆装有0.85马力（1马力 $\approx$ 735瓦）汽油发动机的三轮汽车（见图0-1），该车最高速度为15 km/h，这是世界上公认的第一辆汽车。1886年1月29日，本茨在德国取得了汽车专利证（No. 37435）。同年，德国另一位工程师戈特利布·戴姆勒也制造出一辆用1.1马力汽油发动机作为动力的四轮汽车（见图0-2），该车最高速度为18 km/h，同年他还取得了船用发动机专利。

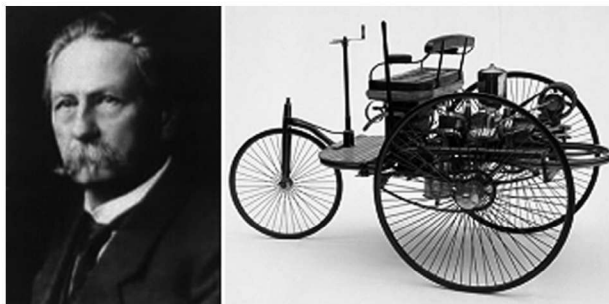


图 0-1 卡尔·本茨及其发明的三轮汽车



图 0-2 戈特利布·戴姆勒及其发明的四轮汽车

因此，人们一般把 1886 年作为汽车元年，1886 年 1 月 29 日也被公认为汽车诞生日。本茨和戴姆勒则被公认为是以内燃机为动力的现代汽车的发明者，并被尊称为汽车工业的鼻祖和“世界汽车之父”。

2. 世界汽车工业的发展

汽车起源于欧洲，欧洲是汽车工业的摇篮。100 多年以来，世界汽车工业发展经历了从欧洲各国到美国—美国到欧洲各国—欧洲各国到日本—发达国家到发展中国家的 4 次大转移。现在，汽车工业已遍布全球各大洲，并成为世界首屈一指的产业。世界主要汽车公司及创建时间如表 0-1 所示。

表 0-1 世界主要汽车公司及创建时间

| 国 家 | 公 司    | 创建时间/年 |
|-----|--------|--------|
| 德国  | 奔驰     | 1887   |
|     | 戴姆勒    | 1890   |
|     | 奥迪     | 1899   |
|     | 宝马     | 1916   |
|     | 奔驰—戴姆勒 | 1926   |
|     | 保时捷    | 1930   |
|     | 大众     | 1937   |
| 法国  | 标致     | 1889   |
|     | 雷诺     | 1898   |
|     | 雪铁龙    | 1915   |
| 意大利 | 菲亚特    | 1899   |
|     | 法拉利    | 1929   |
| 英国  | 劳斯莱斯   | 1904   |
| 瑞典  | 沃尔沃    | 1927   |
| 美国  | 福特     | 1903   |
|     | 通用     | 1908   |
|     | 克莱斯勒   | 1925   |

续表

| 国 家 | 公 司 | 创建时间/年 |
|-----|-----|--------|
| 日本  | 马自达 | 1920   |
|     | 日产  | 1933   |
|     | 丰田  | 1937   |
|     | 本田  | 1946   |
| 韩国  | 起亚  | 1944   |
|     | 现代  | 1967   |
|     | 大宇  | 1967   |
| 中国  | 一汽  | 1953   |
|     | 二汽  | 1967   |

(1) 汽车工业的形成。进入 20 世纪以后, 汽车制造技术不再仅掌控于欧洲人的手中, 特别是亨利·福特在 1908 年 10 月制造出著名的“T”型车, 该车产量增长惊人, 短短 19 年就生产了 1 500 万辆。1913 年, 福特汽车公司首次推出了流水装配线的作业方式, 使汽车制造成本大幅下降, 汽车逐渐成为大众化的商品。从此, 福特汽车成为世界的宠儿, 美国也因此成为名副其实的“汽车王国”。因此, 人们说汽车发明于欧洲, 但取得快速发展是在 20 世纪 30 年代的美国。

(2) 以欧洲为重心的汽车工业发展时期。汽车工业的发展不仅依赖于汽车行业本身的技术进步, 而且取决于汽车工业应用这些技术的投资能力和世界汽车市场的投放容量。二者相互影响, 并受到整个经济发展形势, 以及人们对环境要求、能源和原材料供应、意外变化及国家政策等影响。尤其在第二次世界大战期间, 由于各国汽车工业均为军事服务, 因此极大地缓解了美国与其他国家(以欧洲国家为主)之间的竞争。随着战后经济的复苏和政府支持力度的加强, 欧洲汽车工业开始飞快发展, 以当时联邦德国为例, 仅 5 年时间, 汽车生产量就超过英国而成为世界第二大生产国, 达到 205.5 万辆。1970 年, 西欧共同体的汽车产量首次超过美国。而后, 西欧各国纷纷在美国投资建厂, 改变了汽车工业发展的格局。欧洲汽车工业的大发展使世界汽车工业的重心逐步由美国移向欧洲。

(3) 以日本为重心的汽车工业发展时期。当 1973 年首次发生石油危机时, 美国和欧洲各国的汽车工业受到很大冲击, 而日本似乎对此早有察觉, 他们大量研制生产了小型节油型汽车, 终于在 1980 年把美国赶下了“汽车王国”的宝座。

(4) 以韩国为代表的发展中国家汽车工业异军突起。20 世纪 70 年代, 较好的经济基础为韩国汽车工业的发展提供了良好的环境。1973 年, 在韩国政府实行“汽车国产化”政策的支持下, 国产汽车产业发展迅猛。进入 20 世纪 90 年代后期, 韩国汽车工业在西欧、美洲、东欧、亚洲和大洋洲均建立了生产基地, 实现了国内生产本地化、海外生产体系化和全球营销网络化的模式, 成为世界汽车生产大国。

### 3. 我国汽车工业的发展

我国的汽车工业与共和国共命运, 经过半个世纪的努力, 发生了翻天覆地的变化, 形成了一个种类比较齐全、基本满足国内需求的汽车工业体系。我国汽车工业先后经历了创建成

长、改革开放和快速、全面发展三个历史阶段。

(1) 创建成长阶段(1953—1981年)。1953年7月15日,第一汽车制造厂在吉林省长春市动工兴建。1956年10月15日,第一辆解放牌CA10型载质量为4t的中型货车下线,开创了我国汽车工业的发展局面。1958年,第一汽车制造厂又生产出我国第一辆东风牌轿车。此后,南京、上海、济南、北京等地相继建立汽车制造厂,主要产品有南京汽车制造厂生产的载质量为2.5t的跃进NJ130轻型货车、上海汽车制造厂生产的上海SH760中级轿车、济南汽车制造厂生产的载质量为8t的黄河JN150中型货车等、北京第二汽车制造厂生产的载质量为2t的北京BJ130轻型货车。1968年,第二汽车制造厂在湖北省十堰市开始兴建,1975年开始生产东风EQ240型越野汽车,1978年开始大批量生产其主导产品——载质量为5t的东风EQ140中型货车。从1958年到1980年完成了我国汽车工业的初创阶段,形成了以中、重型货车和越野汽车为主的生产格局。1980年,我国汽车年产量达到22万辆,汽车保有量达168万辆。

(2) 改革开放阶段(1982—1993年)。针对“缺重少轻,轿车几乎空白”的不利局面,我国汽车工业及时调整了产品结构,注重微型车、轻型车和重型车的产品开发,先后建立了1个微型车生产基地(天津汽车厂)、2个装配点(柳州拖拉机厂和国营伟建机械厂)和4个轻型车生产基地(东北、北京、南京和西南)。同时,在改革开放的形势下,我国汽车工业第一个合资企业——北京吉普汽车有限公司于1984年成立(与美国克莱斯勒公司合资)。其后,长安机器厂与日本铃木公司、南京汽车厂与意大利依维柯公司、上海汽车厂与德国大众汽车公司、广州汽车厂与法国标致汽车公司、天津汽车厂与日本大发汽车公司、一汽与德国大众汽车公司、二汽与法国雪铁龙汽车公司等进行合作和合资,先后引进技术100多项,其中整车项目技术10多项,我国汽车工业的发展取得了显著成效。到1993年年底,我国汽车年产量达129.7万辆,跃居世界第12位。

(3) 快速、全面发展阶段(1993年以后)。1994年2月,国家颁布了《汽车工业产业政策》,作为指导我国汽车工业发展的纲领。这个阶段,我国各主要汽车集团公司纷纷联合一些国外汽车公司,同时国内一些主要汽车企业进一步改组兼并,初步形成了“3+6”格局,即一汽、东风、上海三大汽车集团及广州本田、重庆长安、安徽奇瑞、沈阳华晨、南京菲亚特、浙江吉利6个独立骨干轿车企业。其中三大汽车集团的汽车产量占全国总产量的52%,初步完成了汽车产业的组织结构调整与优化。从此,汽车产量快速增长,2001年达到246万辆,2003年达到444万辆,2005年达到500万辆,2007年达到889万辆,2009年达到1379万辆,2011年达到1841万辆,2012年达到1927万辆,实现了汽车产量的跨越式发展,汽车年产量连续几年位居世界第一。目前,中国民用汽车保有量达到1.1亿辆。



## 0.2 汽车的总体构造

### 0.2.1 汽车的类型

根据新标准GB/T 3730.1—2001规定,汽车按用途不同可分为乘用车和商用车。

#### 1. 乘用车

乘用车主要是指用于载运乘客及其随身行李或临时物品的汽车,包括驾驶员座位在内最



多不超过9个座位，它也可牵引一辆挂车。乘用车又分为普通乘用车、活顶乘用车、高级乘用车、小型乘用车、敞篷车、舱背乘用车、旅行车、多用途乘用车、短头乘用车、越野乘用车、专用乘用车。

## 2. 商用车

商用车是指除乘用车以外，主要用于载运人员、货物及牵引挂车的汽车。商用车又分为客车、货车和半挂牵引车三大类。

客车为用于载运乘客及其随身行李的商用车，包括驾驶员座位在内，座位数超过9个。客车又分为小型客车、城市客车、长途客车、旅游客车、铰接客车、无轨客车、越野客车、专用客车。

货车为用于载运货物的商用车。货车又分为普通货车、多用途货车、全挂牵引车、越野货车、专用作业车、专用货车。

半挂牵引车为用于牵引半挂车的商用车。

### 0.2.2 汽车的总体构造

汽车通常由发动机、底盘、电气设备和车身4部分组成。汽车总体构造如图0-3所示。

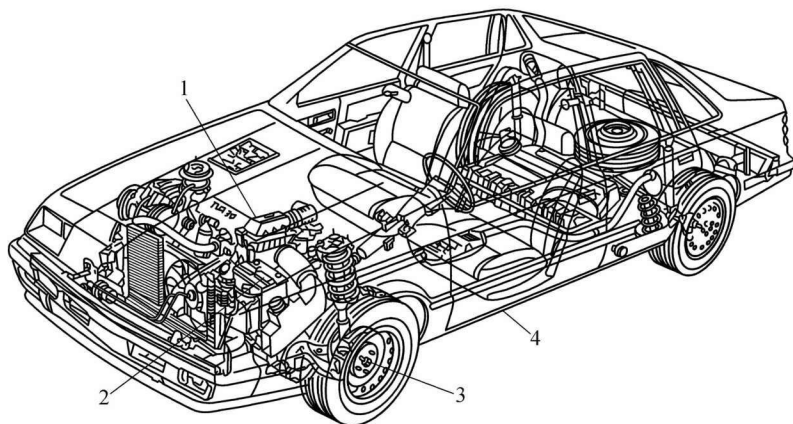


图 0-3 汽车总体构造

1—发动机；2—电气设备；3—底盘；4—车身

#### 1. 发动机

发动机是汽车的动力装置，其功用是使燃料燃烧而发出动力。现代汽车发动机主要采用往复活塞式内燃机。它一般是由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统（汽油发动机采用）和起动系统组成的。

#### 2. 底盘

底盘是接受发动机的动力，使汽车运动并按驾驶员的操纵而正常行驶的部件。它是汽车的基体，发动机、车身等其他总成或部件都直接或间接地安装在底盘上。底盘主要由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统组成。

(1) 传动系统：将发动机的动力传给各驱动轮。传动系统包括离合器、变速器、万向传动装置和驱动桥等部分。

(2) 行驶系统：支撑整车质量，传递和承受路面作用于车轮的各种力和力矩，并缓和冲击、吸收振动，保证汽车在各种条件下正常行驶。行驶系统包括车轮与轮胎、车桥、车架和悬架等部分。

(3) 转向系统：使汽车按照驾驶员选定的方向行驶。转向系统包括转向操纵机构、转向器和转向传动机构等部分。目前，轿车多采用动力转向系统。

(4) 制动系统：使行驶中的汽车迅速减速乃至停车，并保证汽车可靠地驻停。制动系统包括供能装置、控制装置、传动装置和制动器等部分。

### 3. 电气设备

汽车电气设备由电源、用电设备和配电装置 3 部分组成。电源部分包括蓄电池和发电机。用电设备部分由起动系统、点火系统、照明设备、信号装置、仪表及报警装置、汽车电子控制系统和辅助电器等组成。配电装置包括电源管理器、中央接线盒、电路开关、保险装置、插接件和导线。

### 4. 车身

车身是驾驶员工作的场所，也是装载乘客和货物的场所。按车身承载方式的不同，可分为非承载式、承载式和半承载式 3 种。

(1) 非承载式车身：又称车架式车身，悬置于车架之上，车身与车架通过弹簧或橡胶垫作柔性连接，汽车行驶时路面作用于车轮上的各种力和力矩不由车身承受。大客车、货车多采用非承载式车身。

(2) 承载式车身：又称无车架式车身，以车身代替车架，即发动机和底盘各总成固定在车身上。它既起到承受载荷的作用，又能传递与承受路面和车轮之间的各种力和力矩的作用。

(3) 半承载式车身：又称底架式承载车身，车身与车架采用铆接、焊接或螺栓等方式刚性连接，使车身与车架成为一体而共同承载。

#### 0.2.3 汽车的总体布置形式

为满足不同的使用要求，汽车的总体布置可有不同的形式。现代汽车按发动机相对于各总成位置的不同，通常有以下几种布置形式。

(1) 发动机前置后轮驱动（FR）。这是一种传统的布置形式，应用比较广泛，适用于除越野汽车以外的各类汽车，如大多数货车、部分乘用车和部分客车采用这种布置形式。

(2) 发动机前置前轮驱动（FF）。多数乘用车采用这种布置形式，具有结构简单紧凑、整车整备质量小、高速行驶时操纵稳定性好等优点。

(3) 发动机后置后轮驱动（RR）。大、中型客车和少数乘用车采用这种布置形式，具有室内噪声小、空间利用率高等优点。

(4) 发动机中置后轮驱动（MR）。方程式赛车和多数跑车采用这种布置形式。将功率和尺寸较大的发动机布置在驾驶员座椅与后轴之间，有利于实现前、后轴较为理想的轴荷分配，从而提高汽车的性能。

(5) 发动机前置全轮驱动（XWD）。它是越野汽车特有的布置形式。通常发动机前置，

动力经离合器、变速器、分动器、万向传动装置分别输送给各驱动轮。目前，部分乘用车也采用全轮驱动形式。

汽车驱动情况常用  $4 \times 2$ 、 $4 \times 4$  等表示，前者表示汽车车轮总数，后者表示汽车驱动轮数。



1. 汽车的定义是什么？它有哪些类型？
2. 汽车的总体构造由哪几部分组成？
3. 汽车的总体布置有哪几种形式？



# 学习单元一

## 发动机基本原理和总体构造



1. 能够正确描述发动机的分类与基本术语。
2. 能够正确描述发动机的基本工作原理。
3. 能够正确描述发动机的总体构造和内燃机的型号编制规则。



### 1.1 发动机的基本术语

#### 1.1.1 发动机分类

将燃料燃烧的热能转化成机械能的发动机，称为热力发动机。热力发动机可分为外燃机和内燃机。内燃机的特点是燃料在机器内部燃烧，产生的热能直接转变成机械能，如汽油机和柴油机。外燃机的特点是燃料在机器外部燃烧，产生的热能通过其他介质转变为机械能，如蒸汽机和燃气轮机。与外燃机相比，内燃机具有热效率高、体积小、质量轻、便于移动、起动性能好等优点，因此广泛应用于汽车、拖拉机等各种车辆上。现代汽车发动机都属于内燃机。

汽车发动机种类繁多，可以根据不同的特征进行分类。

##### 1) 按活塞运动方式分类

根据活塞运动方式不同，活塞式发动机可分为往复活塞式发动机和旋转活塞式发动机。往复活塞式发动机是指活塞在气缸内做往复直线运动；旋转活塞式发动机是指活塞在气缸内做旋转运动。现代汽车多采用往复活塞式发动机。

##### 2) 按着火方式分类

根据着火方式不同，可分为点燃式发动机和压燃式发动机。点燃式发动机是利用电火花点燃可燃混合气，如汽油机；压燃式发动机则是利用高温、高压使气缸内的可燃混合气自行着火燃烧，如柴油机。

##### 3) 按使用燃料分类

根据使用燃料不同，可分为汽油机、柴油机和气体燃料发动机。汽油机是以汽油为燃料，柴油机是以柴油为燃料，气体燃料发动机是以压缩天然气、液化石油气等为燃料。

近年来，为节约石油能源和降低排放污染，人们致力于研制新能源汽车，如纯电动



汽车、混合动力汽车、氢动力汽车等，发动机热效率可提高 10% 以上，废气排放量降低 30% 以上。

#### 4) 按冷却方式分类

根据冷却方式不同，可分为水冷式发动机和风冷式发动机。水冷式发动机以冷却液为冷却介质，而风冷式发动机以空气为冷却介质。汽车发动机多采用水冷式。

#### 5) 按冲程数分类

根据冲程数不同，可分为四冲程发动机和二冲程发动机。活塞上下往复四个行程完成一个工作循环的称为四冲程发动机；活塞上下往复两个行程完成一个工作循环的称为二冲程发动机。汽车发动机多采用四冲程发动机。

#### 6) 按气缸数分类

根据气缸数不同，可分为单缸发动机和多缸发动机。仅有一个气缸的称为单缸发动机；有两个或两个以上气缸的称为多缸发动机。多缸发动机有双缸、三缸、四缸、五缸、六缸、八缸及十二缸等几种。现代汽车多采用四缸、六缸和八缸发动机。

#### 7) 按气缸布置方式分类

根据气缸布置方式不同，可分为直列式发动机、对置式发动机、V 型发动机和 W 型发动机。

#### 8) 按进气方式分类

根据进气方式不同，可分为自然吸气（非增压）式发动机和强制进气（增压）式发动机。

### 1.1.2 发动机的基本术语

发动机的基本术语如图 1-1 所示。

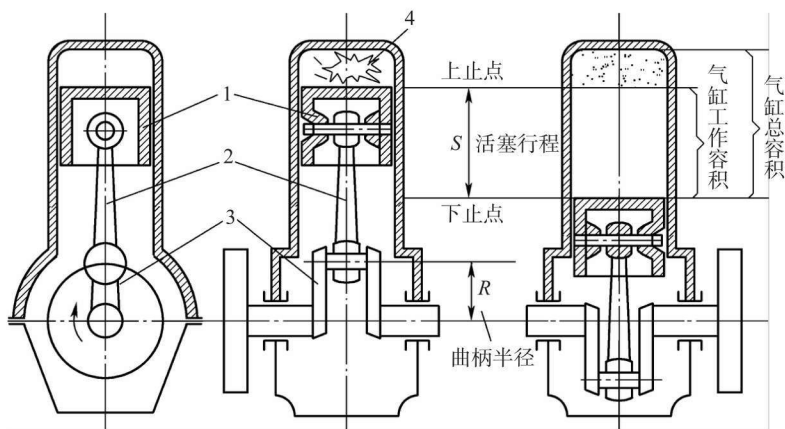


图 1-1 发动机的基本术语

1—活塞；2—连杆；3—曲轴；4—燃烧室容积

(1) 上止点：指活塞离曲轴回转中心最远处，即活塞的最高位置。

(2) 下止点：指活塞离曲轴回转中心最近处，即活塞的最低位置。

(3) 活塞行程：上止点与下止点之间的距离称为活塞行程，一般用  $S$  表示。

(4) 曲柄半径：曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴回转中心的距离（即曲轴的回转半径）称为曲柄半径，一般用  $R$  表示。活塞行程为曲柄半径的 2 倍，即  $S = 2R$ 。

(5) 气缸工作容积：活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的容积称为气缸工作容积或气缸排量，一般用  $V_h$  表示，单位为 L，即

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

式中  $D$ ——气缸直径（mm）；

$S$ ——活塞行程（mm）。

(6) 燃烧室容积：活塞在上止点时，活塞顶与气缸盖之间的容积称为燃烧室容积，一般用  $V_c$  表示，单位为 L。

(7) 气缸总容积：活塞在下止点时，活塞顶上方的容积称为气缸总容积，一般用  $V_a$  表示，单位为 L。显然，气缸总容积是气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_c + V_h$$

式中  $V_c$ ——燃烧室容积（L）；

$V_h$ ——气缸工作容积（L）。

(8) 发动机排量：多缸发动机各气缸工作容积的总和称为发动机排量，一般用  $V_L$  表示，单位为 L，即

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

式中  $V_h$ ——气缸工作容积（L）；

$i$ ——气缸数。

(9) 压缩比：气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比，一般用  $\varepsilon$  表示。

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

式中  $V_a$ ——气缸总容积（L）；

$V_h$ ——气缸工作容积（L）；

$V_c$ ——燃烧室容积（L）。

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时，气缸内的气体被压缩的程度。压缩比越大，压缩终了时气缸内气体的压力和温度越高。目前，一般车用汽油机的压缩比为 6 ~ 11，柴油机的压缩比为 16 ~ 22。

(10) 工作循环：在气缸内每完成一次热能与机械能之间的相互转换，所经历的一系列连续过程（进气、压缩、做功、排气）称为发动机的一个工作循环。

## 1.2 发动机的基本工作原理

### 1.2.1 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机每一个工作循环包括 4 个活塞行程，即进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程，如图 1-2 所示。

