

# 汽车发动机构造与维修

主编 王卓亚 王 胜

QICHE FADONGJI GOUZAO  
YU WEIXIU

燃油泵  
和油底壳

点火线圈  
和火花塞

正时链条  
和凸轮轴

缸盖  
缸体

喷油器  
组件

进气歧管  
和排气歧管



南京大学出版社

汽车维修专业校企一体化系列教学资源

# 汽车发动机构造与维修

QICHE FADONGJI GOUZAQ YU WEIXIU

主 编 王卓亚 王 胜  
副主编 王玉庆 顾得义  
参 编 邢 科 杨 强 陈 征  
毕中军 刘 明



南京大学出版社

## 内容简介

本教材是在校企合作的基础上,结合了企业培训的优势和学科教育的长处而编写的汽车专业校企一体化教材。内容上以真实岗位工作过程教学+任务驱动的理念进行组织,任务过程全部来自企业岗位培训的实际工作,要求和标准也全部来自真实工作岗位。本书按照实际发动机拆装的顺序进行内容安排,共分十个任务,每个任务包含发动机重要部件在实际工位的拆装顺序和故障分析。教学从发放任务书或工作单开始,对每个任务完成情况进行评定,所需技能在操作部分详细列出,完成任务的过程中,有思考题提示故障的产生和现象,并引出原因和解决办法。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修 / 王卓亚, 王胜主编. — 南京: 南京大学出版社, 2015. 2  
(汽车维修专业校企一体化系列教学资源)  
ISBN 978-7-305-14756-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 029880 号

出版发行 南京大学出版社  
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093  
出 版 人 金鑫荣  
丛 书 名 汽车维修专业校企一体化系列教学资源  
书 名 汽车发动机构造与维修  
主 编 王卓亚 王 胜  
责任编辑 李松焱 吴 华 编辑热线 025-83597087

照 排 南京南琳图文制作有限公司  
印 刷 南京理工大学资产经营有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 394 千  
版 次 2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷  
ISBN 978-7-305-14756-2  
定 价 36.00 元

网址: <http://www.njupco.com>  
官方微博: <http://weibo.com/njupco>  
官方微信号: njupress  
销售咨询热线: (025) 83594756

\* 版权所有, 侵权必究

\* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

# 前 言

本教材的编写目的是让课程教学尽可能靠近企业岗位的技能培训,使学生按照企业的标准和流程掌握专业知识,使教学目标和企业岗位培训相统一,实施理实一体化教学,实现校企一体化教学体系的建立。高职教育过程中,随着校企合作的进一步深入,在课程教学层次双方有许多优势可以互补,学校注重基础与理论,企业注重技能和实践,如果两者结合优势部分,对高职学生的培养和企业职工培训都有益处。

经初步调研,许多高职院校的汽车类专业都存在相类似的职业教育特征不明显、工学结合不紧密的问题,大部分汽车课程教材都是学科体系内容的减缩或再造,学生所学知识技能并不适应企业岗位的要求,因此有必要向企业靠拢,参照企业培训进行课程教材改革的实践。为实现校企一体化理念,合作企业提供了技术人员、实物设备和培训技术资料,其技术培训体系极其完备,资料细致而庞杂,编者从其中选取适合高职层次教育的内容,并与企业相关层次技术人才培养相衔接,在格式上同样如此。故本教材编写遵循校企一体化理念,以企业技能培训的标准和流程为基本框架及结构,任务先导,直接把学生带入工作情景,操作内容、规范、考核等均遵照企业规定标准。

因此本教材结合企业培训体系,立足高职学生特点,突出了以下方法,同时这些也是本教材的特点。

1. **真实岗位工作过程教学+任务驱动**;整体内容是按照发动机拆装维修的顺序安排的,每个任务包含发动机重要部件在实际工位的拆装顺序和故障分析,教学从发放任务书或工作单开始,对每个任务完成情况进行评定,所需技能在操作部分详细列出,任务和操作部分都是选自原版日产车型岗位培训资料,具有真实工作过程的要求和标准。

2. **突出企业培训优势**;培训的项目针对岗位需求,培训方法是任务驱动,按照企业标准流程完成每个项目,任务也全是岗位实际操作项目,效率高,效果好,本书借鉴了这些特点。

3. **问题式启发教学,精准获取理论知识内容**;任务驱动完成过程中,设置了常见故障的产生和现象的思考题,启发学生寻找相联系的结构和原理,使理论知识不再是灌输和铺垫,获取内容是有目标、有指向、有需求而诱发出来的,因此,学生学习时更易吸收、更易理解。

本教材整体结构清晰,层次分明,符合发动机结构的认知规律,满足高职教育与企业培训的双重目标,职业教育与岗位培训一体化是本教材的特色。

本书内容共分十个任务,涵盖发动机结构各个部分,以汽车发动机的拆装顺序进行编排,方便进行每个部分的拆装实训,每个任务以企业标准的任务书形式引出,配有标准化操作流程及考核标准。

本书内容纲要及建议学时分配如下:

| 目录  | 内容            | 建议学时  |
|-----|---------------|-------|
| 任务一 | 认识汽车发动机       | 2 学时  |
| 任务二 | 发动机附件的拆装      | 4 学时  |
| 任务三 | 进气歧管和排气歧管的拆装  | 6 学时  |
| 任务四 | 燃油泵和油底壳的拆装    | 10 学时 |
| 任务五 | 点火线圈和火花塞的拆装   | 6 学时  |
| 任务六 | 正时链条和凸轮轴的拆装   | 10 学时 |
| 任务七 | 缸盖的拆装         | 8 学时  |
| 任务八 | 缸体的拆装         | 4 学时  |
| 任务九 | 柴油机喷油器组件的拆装   | 8 学时  |
| 任务十 | 发动机润滑系及冷却系的检测 | 6 学时  |

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 任务一 认识汽车发动机         | 1  |
| 任务书                 | 1  |
| 操作指导                | 2  |
| 相关知识                | 4  |
| 1.1 发动机的基本工作原理      | 5  |
| 1.2 发动机的总体构造        | 7  |
| 1.3 发动机的分类          | 10 |
| 1.4 内燃机的产品名称和型号编制规则 | 11 |
| 任务二 发动机附件的拆装        | 12 |
| 任务书                 | 12 |
| 操作指导                | 13 |
| 相关知识                | 16 |
| 2.1 发动机拆装(汽车维修)常用工具 | 16 |
| 2.2 发动机维修常用量具       | 23 |
| 2.3 汽车维修安全知识        | 26 |
| 2.4 空气滤清器和空气导管      | 28 |
| 2.5 起动机             | 30 |
| 2.6 减速起动机和永磁起动机     | 35 |
| 2.7 发电机             | 38 |
| 任务三 进气歧管和排气歧管的拆装    | 40 |
| 任务书                 | 40 |
| 操作指导                | 41 |
| 相关知识                | 45 |
| 3.1 进气系统            | 45 |
| 3.2 发动机的排气系统        | 47 |
| 3.3 废气再循环系统         | 49 |
| 3.4 进气增压系统          | 50 |
| 任务四 燃油泵和油底壳的拆装      | 57 |
| 任务书                 | 57 |
| 操作指导                | 58 |
| 相关知识                | 69 |
| 4.1 汽油供给系统的基本组成     | 69 |
| 4.2 电控汽油喷射系统        | 73 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>任务五 点火线圈和火花塞的拆装</b> | 86  |
| 任务书                    | 86  |
| 操作指导                   | 87  |
| 相关知识                   | 89  |
| 5.1 点火系统的分类            | 89  |
| 5.2 传统点火系的组成及工作原理      | 90  |
| 5.3 点火时刻               | 94  |
| 5.4 传统点火系主要元件的结构       | 95  |
| 5.5 电子点火系              | 103 |
| 5.6 微机控制点火系            | 110 |
| <b>任务六 正时链条和凸轮轴的拆装</b> | 114 |
| 任务书                    | 114 |
| 操作指导                   | 115 |
| 相关知识                   | 129 |
| 6.1 凸轮轴                | 129 |
| 6.2 挺柱                 | 131 |
| 6.3 推杆                 | 134 |
| 6.4 摇臂                 | 134 |
| <b>任务七 缸盖的拆装</b>       | 136 |
| 任务书                    | 136 |
| 操作指导                   | 137 |
| 相关知识                   | 142 |
| 7.1 气门                 | 142 |
| 7.2 气门座                | 144 |
| 7.3 气门导管               | 145 |
| 7.4 气门弹簧               | 145 |
| 7.5 旋转机构               | 146 |
| <b>任务八 缸体的拆装</b>       | 147 |
| 任务书                    | 147 |
| 操作指导                   | 148 |
| 相关知识                   | 161 |
| 8.1 活塞连杆组              | 161 |
| 8.2 曲轴飞轮组              | 169 |
| <b>任务九 柴油机喷油器组件的拆装</b> | 175 |
| 任务书                    | 175 |
| 操作指导                   | 176 |
| 相关知识                   | 182 |
| 9.1 概述                 | 182 |
| 9.2 柴油机燃油系             | 183 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 9.3 喷油器 .....                  | 185        |
| 9.4 直列柱塞式喷油泵 .....             | 187        |
| 9.5 分配式喷油泵 .....               | 194        |
| 9.6 柴油机调速器 .....               | 200        |
| 9.7 辅助装置 .....                 | 209        |
| <b>任务十 发动机润滑系及冷却系的检测</b> ..... | <b>212</b> |
| 任务书 .....                      | 212        |
| 操作指导 .....                     | 213        |
| 相关知识 .....                     | 228        |
| 10.1 发动机润滑系的组成及功用 .....        | 228        |
| 10.2 发动机润滑方式及润滑油路 .....        | 234        |
| 10.3 发动机冷却系的组成及功用 .....        | 235        |
| 10.4 发动机冷却系的类型及主要零部件的构造 .....  | 235        |
| 10.5 风冷系统 .....                | 243        |
| <b>参考文献</b> .....              | <b>244</b> |

# 任务一 认识汽车发动机

## 任务书

识别发动机的型号、类别

|          |
|----------|
| 姓名:      |
| 学号:      |
| 时间: 分钟   |
| 满分:100 分 |

### 【任务说明】

1. 根据提供的车辆及资料信息,通过观察、辨认、分组讨论,完成所要求任务。
2. 任务完成后请向指导教师示意,指导教师审核本次任务完成情况,回答指导教师提出的问题。
3. 指导教师签字后方为任务完成。
4. 所提供车辆为郑州日产 NV200;郑州日产帅克;郑州日产锐骐皮卡;桑塔纳 2000;大众速腾等。

### 【注意事项】

在操作过程中,注意操作规范,确保人身和设备工具的安全。

### 【任务内容】

 查阅本任务的【相关知识】部分,回答下列问题。

汽车发动机是怎样工作的?

汽车发动机由哪几部分组成?汽油机和柴油机在结构上有什么区别?

汽车发动机常用分类方法有哪些?如何分类?

 练习【操作指导】内容,在设备上正确找出以下车型的车辆识别码和发动机型号。

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| 郑州日产 D22 柴油版 | 车辆识别码: _____ | 发动机型号: _____ |
| 郑州日产 D22 汽油版 | 车辆识别码: _____ | 发动机型号: _____ |
| 郑州日产锐骐柴油版    | 车辆识别码: _____ | 发动机型号: _____ |
| 郑州日产锐骐汽油版    | 车辆识别码: _____ | 发动机型号: _____ |
| 郑州日产帅克汽油版    | 车辆识别码: _____ | 发动机型号: _____ |

上海大众桑塔纳 2000 车辆识别码: \_\_\_\_\_ 发动机型号: \_\_\_\_\_

一汽大众速腾 车辆识别码: \_\_\_\_\_ 发动机型号: \_\_\_\_\_

查阅相关资料,简述目前奔驰、宝马等汽车制造厂发动机技术发展历程。

学生得分:

教师签字:

日期:

## 操作指导

以日产 NV200 车型为例,关于识别码或车型号的位置信息如图 1-1 所示。

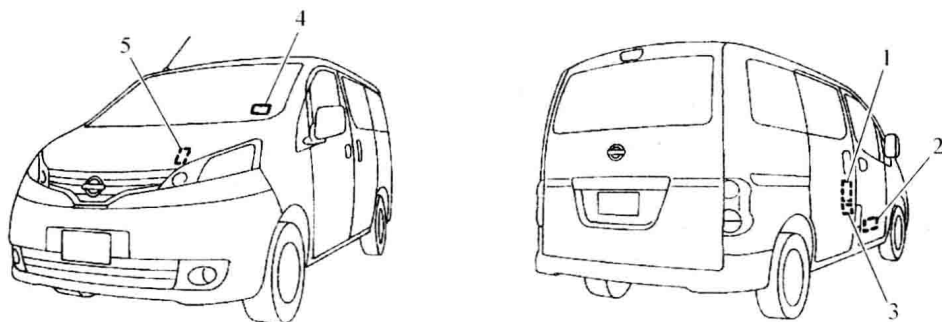


图 1-1 郑州日产 NV200

1—车辆识别牌 2—车辆识别码(底盘号) 3—轮胎标牌 4—车辆识别码 5—空调说明标签

车辆识别信息(中国地区)如图 1-2 所示。

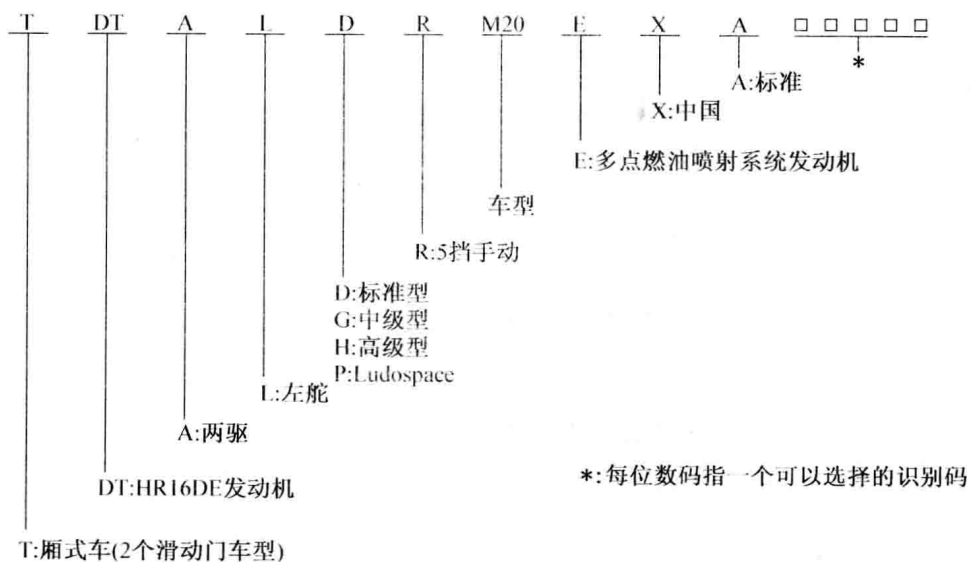


图 1-2 车辆信息识别标示码

车辆识别码编排(中国地区)如图 1-3 所示。

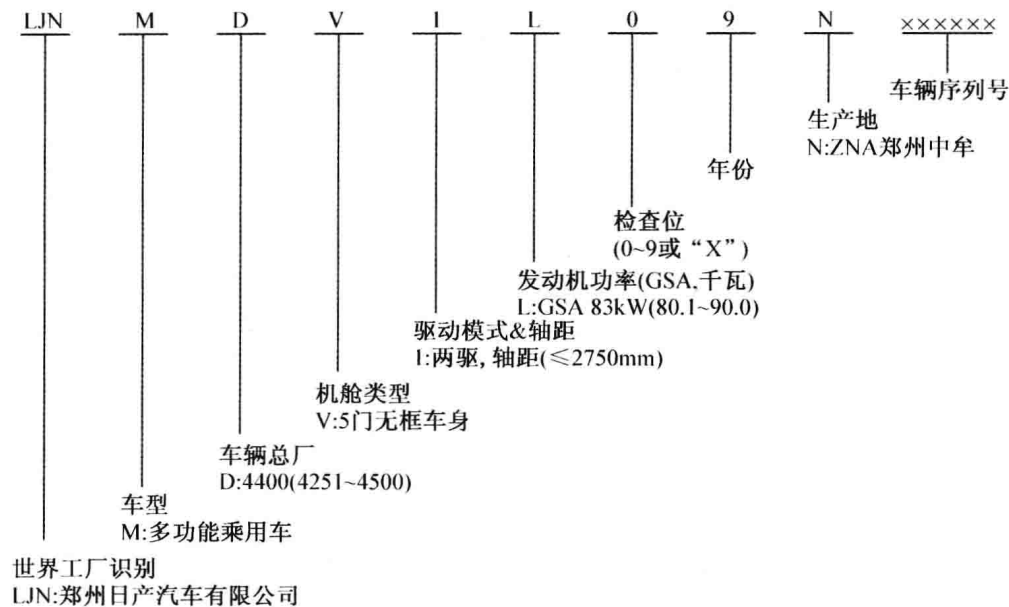


图 1-3 车辆识别码编排图

识别铭牌信息(中国地区)包含车辆识别码(底盘号)、发动机型号、发动机额定功率、整车装备质量、制造年月、发动机排量、乘坐人数等信息,如图 1-4 所示。

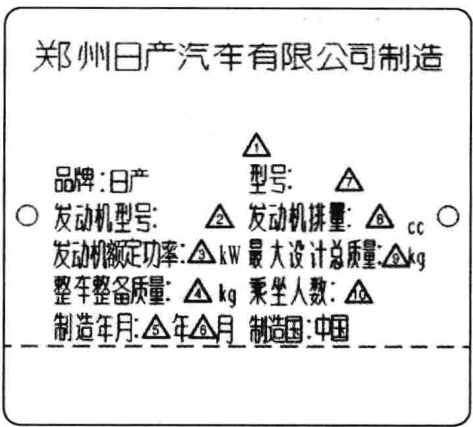


图 1-4 汽车铭牌

**?** 请查看一下,机动车行驶证上关于车辆的号码都是什么?

发动机号位置(HR 发动机)如图 1-5 所示。

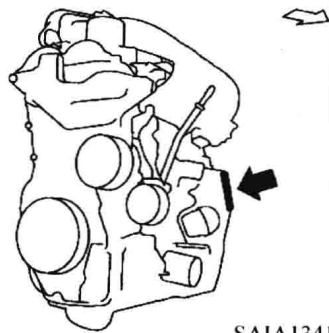


图 1-5 发动机型号位置示意图

识别信息铸造于缸体上,如图 1-6 所示。

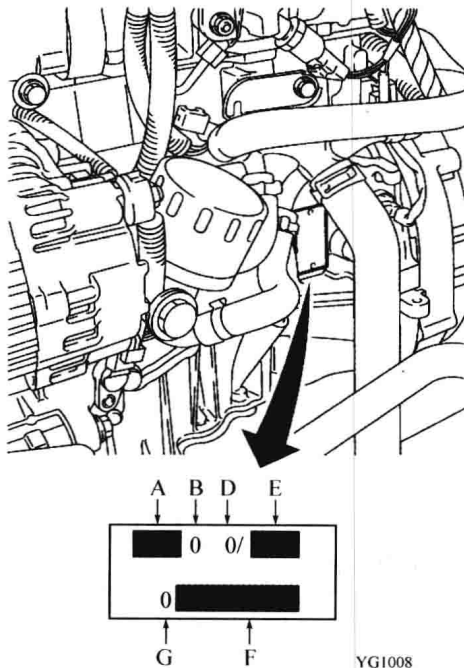


图 1-6 识别信息位置示意图

A: 发动机型号 B: 发动机许可证 D: 雷诺代码 E: 发动机后缀  
F: 发动机制造数量 G: 发动机装配厂

## 相关知识

汽车的动力来自发动机,如图 1-7 所示。

发动机是汽车的心脏,为汽车的行走提供动力,关系着汽车的动力性、经济性、环保性。简单来说,发动机就是一个能量转换机构,即将汽油(柴油)或天然气的热能,通过在密封气缸内燃烧气体膨胀,推动活塞作功,转变为机械能,这是发动机最基本的原理。发动机的所有结构都是为能量转换服务的,发动机伴随着汽车走过了 100 多年的历史,无论是在设计、制造、工艺

还是在性能、控制方面都有了很大的提高,但其基本原理仍然没有改变。这是一个富于创造的时代,那些发动机的设计者们,不断地将最新科技与发动机融为一体,把发动机变成一个复杂的机电一体化产品,使发动机性能达到近乎完善的程度,各世界著名汽车厂商也将发动机的性能作为竞争亮点,更加注重能源消耗、尾气排放等与环境保护相关方面性能的改善,从而使人们在悠闲的享受汽车文化的同时,也能保护环境、节约资源。

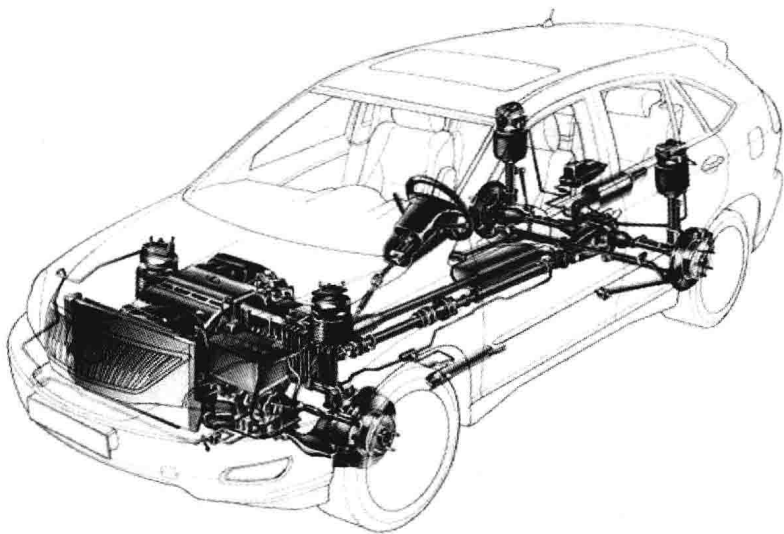


图 1-7 汽车透视图

现代汽车所用发动机应用最广、数量最多的是水冷式四冲程往复式活塞式内燃机。往复式活塞式内燃机具有单机功率范围大( $0.6\text{ kW}\sim 16\,860\text{ kW}$ )、热效率高(汽油机略高于 $0.3$ ,柴油机达 $0.4$ )、结构紧凑、体积小、质量轻、操作简单、便于起动等优点,所以它被广泛地用作汽车动力,同时也广泛应用于船舶、拖拉机、工程机械等。现代汽车发动机的结构形式很多,即使是同一类型的发动机,其具体结构也各不相同,但不论哪种类型的发动机,其基本结构都是相似的。常见的车用发动机有汽油发动机和柴油发动机两种。

汽油机和柴油机由于所使用燃料不同,在结构上也各有特点。汽油机主要由“两大机构、五大系统”组成,“两大机构”指曲柄连杆机构和配气机构,“五大系统”指燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统和起动系统。柴油机结构与汽油机相似,但由于其采用压燃式燃烧原理,故其结构中不需要点火系统。

## 1.1 发动机的基本工作原理

### 1.1.1 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四个活塞行程,即进气行程、压缩行程、作功行程和排气行程,如图 1-8 所示。

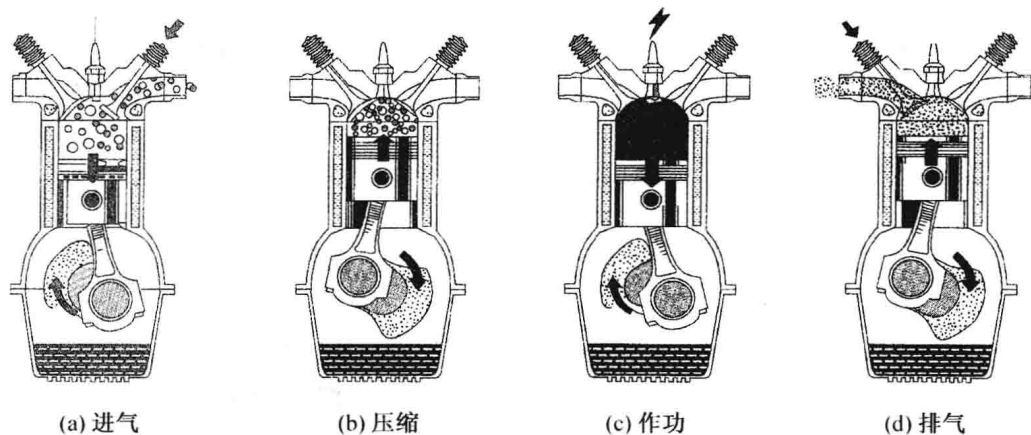


图 1-8 四冲程汽油机工作原理

### 1. 进气行程

在进气行程中,活塞在曲轴带动下由上止点向下止点运行,这时进气门开启,排气门关闭。在活塞由上止点向下止点运动过程中,由于活塞上方气缸容积逐渐增大,形成一定的真空度。这样,可燃混合气通过进气门被吸入气缸,直到活塞到达下止点时,进气行程结束。

### 2. 压缩行程

在进气行程结束以后,活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运动,这时排气门处于关闭状态,而进气门处于逐渐关闭状态。在活塞由下止点向上止点运动过程中,由于活塞上方气缸容积逐渐减小,当进气门和排气门均处于关闭状态时,进入气缸内的可燃混合气被压缩,温度和压力不断升高,直到活塞到达上止点时,压缩行程结束。

### 3. 作功行程

当活塞运动到接近压缩行程上止点附近时,火花塞跳火点燃气缸内的可燃混合气。这时由于进气门和排气门均处于关闭状态,使缸内气体温度和压力同时升高,高温高压的气体膨胀,推动活塞由上止点向下止点运动,并通过连杆带动曲轴旋转输出机械能,直到活塞到达下止点时,作功行程结束。

### 4. 排气行程

在作功行程结束后,气缸内的可燃混合气通过燃烧转变为废气。此时排气门开启,进气门处于关闭状态,活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运动,气缸内的废气经排气门排出,直到活塞到达上止点时,排气行程结束。

排气行程结束后,进气门再次开启,又开始下一个工作循环。如此周而复始,发动机就连续运转。发动机工作时,需要连续不断地进行循环,在每个循环中都是依次完成进气、压缩、作功、排气四个行程。

#### 1.1.2 四冲程发动机工作循环具有以下特点

(1) 每完成一个工作循环曲轴转 2 圈( $720^\circ$ ),每一行程曲轴旋转半圈( $180^\circ$ )。进气行程中进气门开启,排气门关闭;排气行程中排气门开启,进气门关闭;其余两个行程进、排气门均关闭。

(2) 在四个行程中,只有作功行程产生动力,其余三个行程则是为作功行程作准备的辅助

行程,都要消耗动力。虽然作功行程是主要的,但其他三个行程也是必不可少的。

(3) 发动机起动时(第一个工作循环),必须借助外力带动曲轴旋转以完成进气、压缩行程,在混合气着火作功行程开始后,依靠曲轴和飞轮储存的能量,使发动机转入正常运转状态。

以上为发动机的工作原理,是单缸运行下的状态。单缸四冲程发动机每个工作循环所经历的四个行程中,只有作功行程为有效行程,其他三个行程为消耗机械功的辅助行程。这样,发动机曲轴在作功行程中的转速快,在其他行程中转速慢。所以,一个工作循环中曲轴的转速是不均匀的。为了保证发动机运转平稳,现代汽车发动机都采用多缸四冲程发动机,应用最多的是四缸、六缸和八缸发动机。

多缸四冲程发动机每个气缸所经历的工作循环与单缸四冲程发动机相同,但各缸的作功行程并非同时进行,而是按一定顺序进行。因此,对多缸四冲程发动机来说,曲轴每转两周,各缸分别作功一次,且各缸作功间隔角(以曲轴转角表示)保持一致。对于缸数为*i*的四冲程直列式发动机而言,作功间隔角为 $720^\circ/i$ 。气缸数越多,发动机工作越平稳,但结构也越复杂。

## 1.2 发动机的总体构造

汽油发动机的总体构造如图 1-9 所示。桑塔纳 2000GSi 轿车 AJR 发动机的外形和纵剖视图如图 1-10 和图 1-11 所示。

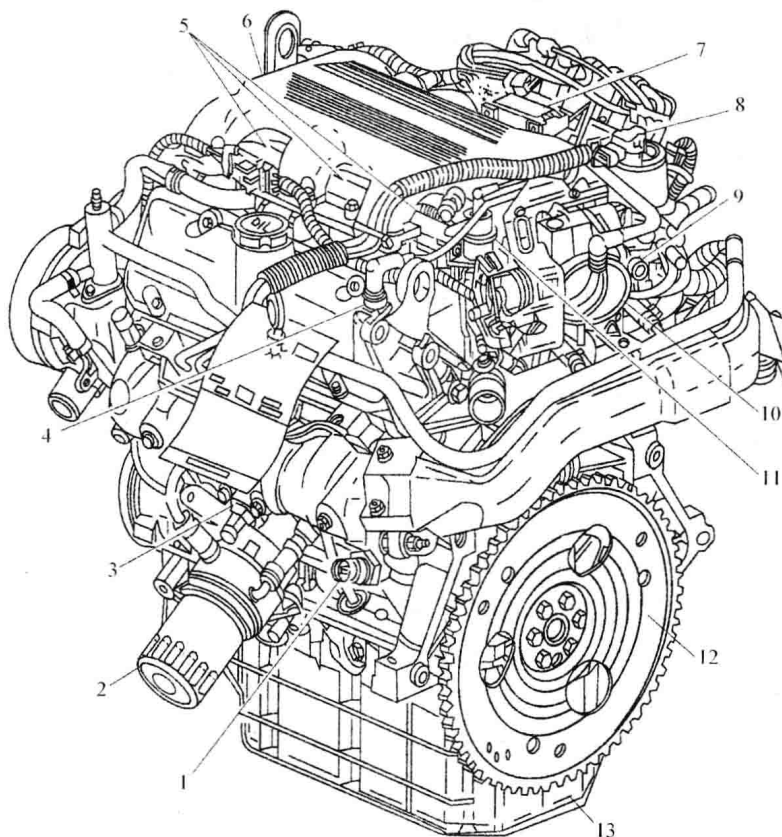


图 1-9 汽油发动机总体构造

- 1—机油压力开关 2—机油滤清器 3—爆震传感器 4—PCV 阀 5—燃油管 6—缸盖罩 7—MAP 传感器  
8—EGR 阀 9—节气门体传感器 10—节气门体 11—燃油压力传感器 12—飞轮 13—油底壳

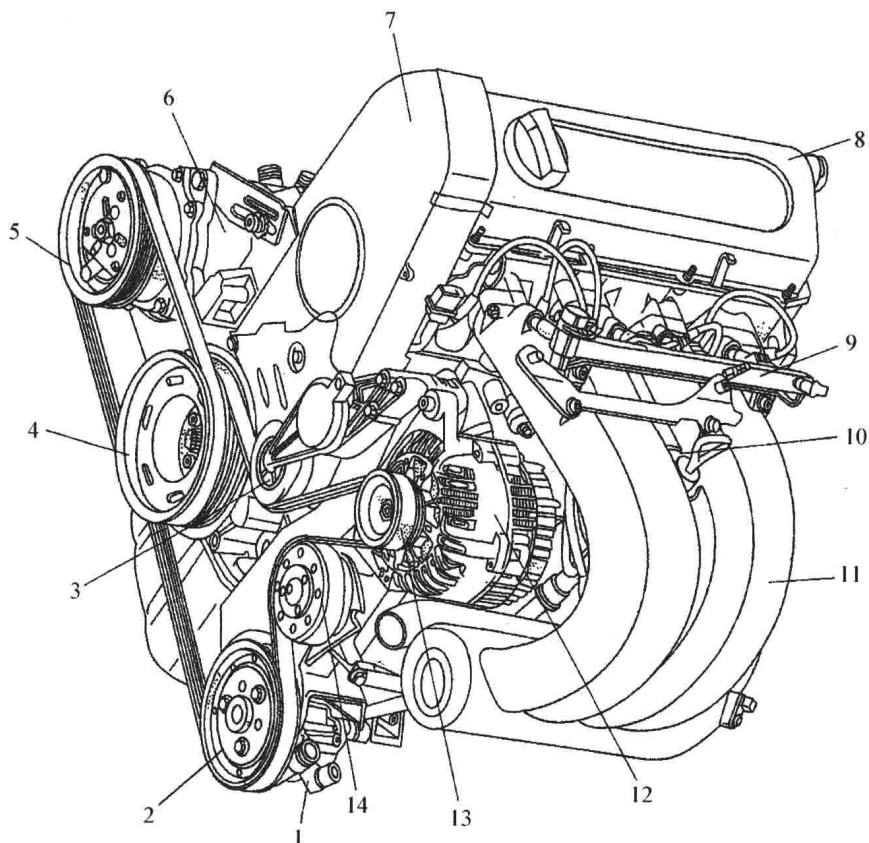


图 1-10 桑塔纳 2000GSi 轿车 AJR 发动机的外形图

- 1—动力转向油泵 2—动力转向油泵带轮 3—张紧轮 4—曲轴带轮 5—空调压缩机带轮  
6—空调压缩机 7—正时齿形带护罩 8—气缸盖罩 9—燃油分配管 10—机油尺  
11—进气歧管 12—发电机 13—发电机带轮 14—导向轮

### 1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是发动机借以产生动力,并将活塞的往复直线运动转变为曲轴的旋转运动而输出动力的机构。主要由气缸体、气缸盖、活塞、连杆、曲轴和飞轮等机件组成。

### 2. 配气机构

配气机构的功用是根据发动机的工作需要,适时地打开进气通道或排气通道,使可燃混合气及时地充入气缸,或使废气及时地从气缸内排出;而在发动机不需要进气或排气时,则利用气门将进气通道或排气通道关闭,以保持气缸密封。

配气机构主要由气门、气门弹簧、凸轮轴、挺杆、凸轮轴传动机构等零部件组成。

### 3. 燃料供给系统

汽油机燃料供给系统的功用是向气缸内供给已配好的可燃混合气(缸内喷射式发动机为空气),并控制进入气缸内的可燃混合气的数量,以调节发动机的输出功率和转速,最后将燃烧后的废气排出气缸。

汽油机的燃料供给系由汽油箱、汽油滤清器、汽油泵、化油器(节气门体)、喷油器、供油管(燃油喷射式发动机)、空气滤清器和进气歧管等组成。

#### 4. 点火系统

汽油机点火系统的功用是按一定时刻向气缸内提供电火花,及时地点燃气缸中被压缩的可燃混合气。

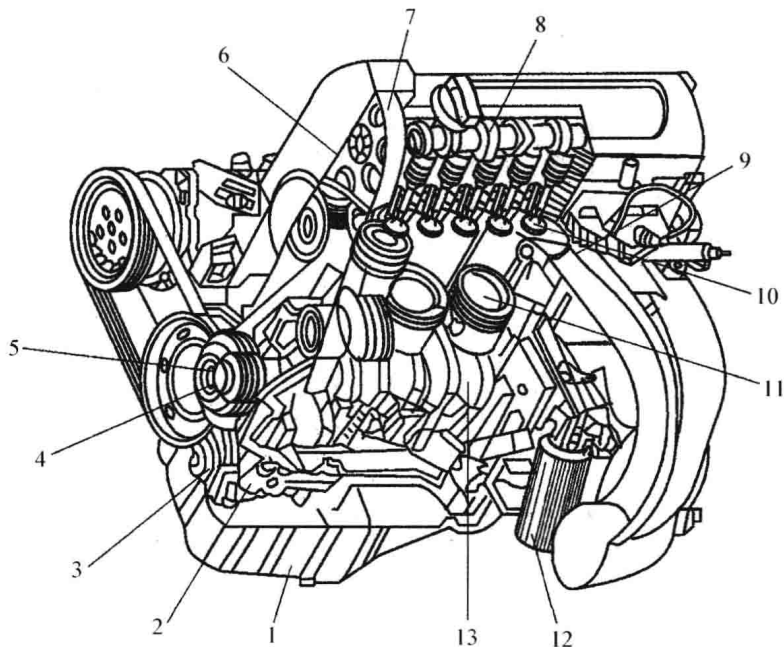


图 1-11 桑塔纳 2000GSi 轿车 AJR 发动机的纵剖视图

1—油底壳 2—机油泵 3—机油泵链 4—水泵 5—曲轴正时齿形带轮 6—凸轮轴正时齿带轮  
7—正时齿形带 8—凸轮轴 9—喷油器 10—气门 11—活塞 12—机油滤清器 13—曲轴

按对点火时刻的控制方式不同,点火系统可分为传统点火系统、普通电子点火系统和微型计算机控制电子点火系统三种。传统点火系统利用机械装置控制点火时刻,通常由蓄电池、发电机、点火线圈、断电器、分电器、点火提前角调节器、火花塞和点火开关等组成。普通电子点火系统利用电子点火器控制点火时刻,其组成与传统点火系类似,只是用电子元件取代了断电器,但仍保留部分机械装置,如真空式点火提前角调节器和离心式点火提前角调节器。微型计算机控制电子点火系统是一种全电子点火系统,完全取消了机械装置,由电控系统来控制点火时刻,通常包括蓄电池、发电机、点火线圈、分电器(有些无分电器)、火花塞和电子控制系统等。

#### 5. 冷却系统

冷却系统的功用是利用冷却介质冷却高温零件,并通过散热器将热量散发到大气中去,以保证发动机正常工作。

发动机的冷却系统分水冷式和风冷式两种。水冷式冷却系统通常由水泵、散热器、风扇、节温器、水套等组成。风冷式冷却系统主要由风扇、散热片组成。

#### 6. 润滑系统

润滑系统的功用是将清洁的润滑油分送至各个摩擦表面,以减小摩擦和磨损,并清洗、冷却摩擦表面,从而延长发动机的使用寿命。润滑系统一般由机油泵、机油滤清器、集滤器、限压阀、润滑油道、油底壳等组成。

#### 7. 起动系统

起动系统的功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