



WEIXIU - FADONGJI BUFEN
QICHE GOUZAO YU WEIXIU - FADONGJI BUFEN

汽车构造与维修

(发动机部分)

主 编 黄 伟
副主编 屈亚锋 卫登科 宋广辉
主 审 肖文光

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

汽车构造与维修

(发动机部分)

主 编 黄 伟
副主编 屈亚锋 卫登科 宋广辉
主 审 肖文光

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

内 容 简 介

本书系统介绍了汽车发动机的结构、工作原理、检测维修及故障排除等内容,并对在汽车发动机上推广使用的新结构、新技术作了较为详细的介绍。主要包括汽车发动机总体构造及工作原理、汽车常用维修工量具、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系、柴油机燃料供给系、冷却系、润滑系、发动机的总成装配、调试与磨合、新型汽车发动机简介等。

本书根据最新资料编写,充分体现了理论实践一体化,内容丰富,可作为高等院校汽车类各专业的专业课通用教材,也可供汽车行业相关从业人员阅读参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车构造与维修. 发动机部分/黄伟主编. —北京:北京理工大学出版社, 2008. 9

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1549 - 7

I. 汽… II. 黄… III. ①汽车 - 构造 - 基本知识②汽车 - 车辆修理 - 基本知识③汽车 - 发动机 - 构造 - 基本知识④汽车 - 发动机 - 车辆修理 - 基本知识 IV. U463 U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 100261 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 / 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 350 千字

版 次 / 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 29.00 元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

编 委 会

主 任 孙成刚 曾 鑫

执行主任 曹登华

副 主 任 王世铮 王贵槐 刘景军 刘祖强

委 员 (按姓氏笔画排序)

卫登科	王 超	仇绪甲	刘 刚	杨 艳
李予杰	李 刚	李远军	李洪亮	肖文光
吴玉文	吴金顺	何细鹏	沈宜慧	宋广辉
陈佑民	陈建华	陈 庭	屈亚锋	姜 攀
谈丽华	黄 伟	常同珍	覃亚娟	程 鸣

出版说明

汽车工业是国民经济的支柱产业之一，是高度专业化、自动化的综合性工业。随着我国成功地加入 WTO，汽车工业迎来了新的机遇和挑战，汽车行业需要大量高素质的专业技术人才。

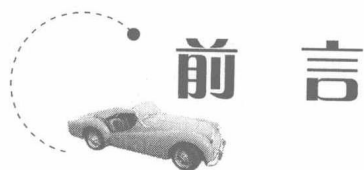
为适应新形势的需要，我国各高等院校正在大力加强汽车类专业的建设。随着我国汽车技术的发展，以及国外各类车型进入我国市场，汽车新技术、新工艺、新材料的应用日益广泛，对维修行业的人才要求也相应提高。为适应目前汽车相关专业教学的需要，北京理工大学出版社组织了一批多年工作在教学一线的教师执笔，根据他们丰富的教学和实践经验，结合市场对高等院校汽车相关专业的要求，编写了本系列教材。

本系列教材在内容上加强了针对性和应用性，力求把传授知识与培养能力有机地结合起来，突出以能力为本位的教育特色，实施工学结合的一体化教学模式，使学生掌握一专多能的知识和技能。

同时，本系列教材中部分教材还结合模块式教学方法，采用了以具体实操项目为单元教学的项目式编写方法，具有较好的应用性、实践性和先进性。

本系列教材配套齐全，涵盖面广泛，既有该专业主干课程的教材，如《汽车机械基础》、《汽车构造》、《汽车专业英语》等，又包括该专业大量的选修课程的教材，丰富并完善了知识结构。本系列教材适用于培养汽车维修、检测、管理、评估、保险、营销等方面的高等院校使用。

北京理工大学出版社



随着高等教育教学改革不断深入，教育部门通过加强国际教育交流与合作，大力提升高等教育教学水平。为了适应教育改革的新形势与教材建设的新需求，将国际化的教育理念、教学方法引入到高等院校的教学和教材建设工作中，我们面向企业的岗位需求及标准，结合我国教育的现状与发展趋势，进行高等教育的课程体系和教材建设，使得我国的高等教育课程与教材更好地满足教学目标与需求。

随着我国汽车工业和电子技术的飞速发展，汽车后市场对汽车运用与维修类人才的需求猛增。根据汽车类相关专业的培养目标及毕业生所需具备的职业素养和综合能力的要求，我们组织了一批多年从事教学及汽车维修工作的高等教育一线优秀教师和工程师，根据汽车技术的最新发展动态，结合汽车维修工作实践经验，从社会发展对高素质劳动者和高、中级汽车维修人才需要的实际出发，并着眼于教学改革的需要，参阅了大量的资料文献，融合多年的教学、生产、培训及教学改革的成果编写了《汽车构造与维修（发动机部分）》这本具有鲜明特色的教材。

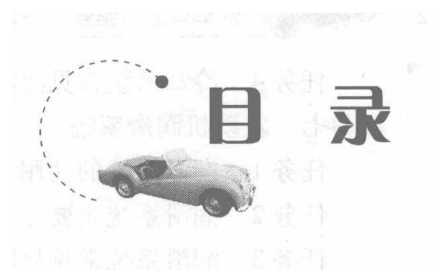
本书以目前市场占有率较高的汽车为例，系统地介绍了汽车发动机的结构、工作原理、检测维修及故障排除等内容，并对汽车发动机上推广使用的新结构、新技术作了较为详细的介绍。主要包括汽车发动机总体构造及工作原理、汽车常用维修工量具、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系、柴油机燃料供给系、润滑系、冷却系、发动机的总成装配、调试与磨合、新型汽车发动机简介等。

本书根据最新资料编写，充分体现了理论实践一体化，内容丰富，可作为高等院校汽车类各专业的专业课通用教材，也可供汽车维修、汽车制造、汽车运输、汽车检测站技术人员阅读参考。

本教材由黄伟担任主编，屈亚锋、卫登科、宋广辉担任副主编，肖文光担任主审。具体编写分工如下：项目五和项目八由黄伟编写，项目六和项目九由屈亚锋编写，项目一和项目四由卫登科编写，项目二、项目三和项目七由宋广辉编写。

本书在编写过程中得到了湖北省汽车维修界的资深专家和部分高校学者的指导，同时也得到了相关汽车维修企业技术人员的技术支持和帮助。在这里向所有指导和帮助完成本书编写工作的专家学者和工作人员表示感谢！

由于编者水平有限，加之经验不够丰富，书中难免有谬误和疏漏之处，恳请广大读者朋友批评指正！



项目一 发动机构造与维修工量具	(1)
任务1 发动机的总体构造与分类	(1)
任务2 四冲程发动机的常用术语与工作原理	(8)
任务3 发动机维修基础知识与常用工具	(13)
任务4 发动机维修专用量具及使用	(21)
项目二 曲柄连杆机构	(30)
任务1 机体组的构造及检修	(31)
任务2 活塞连杆组的构造及检修	(39)
任务3 曲轴飞轮组的构造及检修	(51)
项目三 配气机构	(58)
任务1 配气机构的结构	(58)
任务2 气门组、气门传动组的主要零部件	(59)
任务3 配气机构常见故障诊断与排除	(64)
任务4 配气相位及发动机可变气门正时技术	(69)
项目四 汽油机燃料供给系统	(75)
任务1 化油器式汽油机燃料供给系统的结构及混合气形成	(75)
任务2 汽油机燃料供给系统的主要零部件	(90)
任务3 汽油机电控燃油喷射系统的组成和工作原理	(98)
任务4 电控汽油喷射系统常见故障诊断与排除	(113)
任务5 进气增压控制系统	(114)
任务6 排放控制系统	(124)
项目五 柴油机燃料供给系统	(133)
任务1 柴油机燃料供给系统的组成和燃烧过程	(133)
任务2 柴油机燃料供给系统主要零部件的构造	(139)
任务3 柴油机燃料供给系统的常见故障诊断与排除	(152)
任务4 柴油机电控系统的特点与工作原理	(155)
任务5 共轨式柴油机电控系统简介	(159)
项目六 发动机冷却系统	(161)
任务1 冷却系统的作用、类型及组成	(161)
任务2 冷却系统的主要零部件的构造	(165)
任务3 冷却系统的维修	(172)



任务4 冷却系统常见故障诊断与排除	(177)
项目七 发动机润滑系统	(183)
任务1 润滑系统的功用、组成及油路	(183)
任务2 润滑系统主要零部件的构造	(186)
任务3 润滑系统常见故障诊断与排除	(194)
项目八 发动机总成装配、调整与磨合	(199)
任务1 发动机特性	(199)
任务2 发动机装配与调整	(203)
任务3 发动机的磨合与验收	(208)
项目九 新型汽车发动机简介	(212)
任务1 三角活塞旋转式发动机	(212)
任务2 电动发动机及电动汽车	(215)
任务3 太阳能汽车	(218)
任务4 天然气汽车和液化石油气汽车	(222)
任务5 直接喷射式发动机	(224)
参考文献	(232)

项目一

发 动 机 构 造 与 维 修 工 量 具

任务 1 发动机的总体构造与分类

一、发动机的总体构造

发动机是一种由许多机构和系统组成的复杂机器，它是汽车的动力源。因为其产生的动力来源于内部燃料燃烧所产生的内能转化成机械能所致，所以包括汽油机和柴油机在内的所有汽车发动机都属于内燃机。现代发动机由轻型铸件和冲压件、非钢铁材料（如铝、镁、强化纤维塑料等）和较少较小的紧固件组成，紧固件将所有的零件连接在一起，经过计算进行优化设计的紧固件具有最佳的承载能力。每一种新型发动机在它的结构、材料和造型上都各具自身的特点。例如：德国宝马与法国标致·雪铁龙集团（PSA）双方联合最新研制的镁合金直喷涡轮增压引擎（图 1-1），通过发挥共轨技术的作用，实现了发动机的高功率、高燃效和低发热；康明斯 ISDe 系列增强型高压共轨柴油机（图 1-2），确保发动机在运行中全程保持最佳性能和燃油经济性，排放更低。

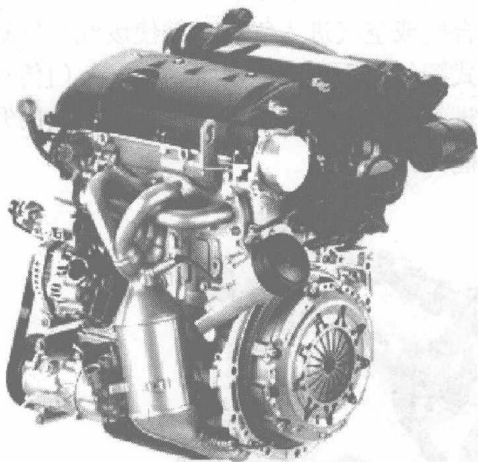


图 1-1 镁合金直喷涡轮增压汽油引擎

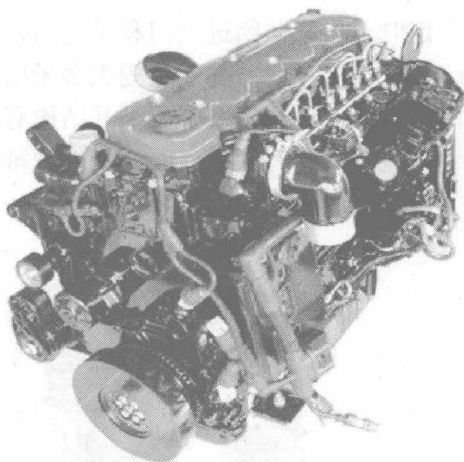


图 1-2 康明斯 ISDe 系列增强型高压共轨柴油机

无论是汽油机，还是柴油机；无论是四冲程发动机，还是二冲程发动机；无论是单缸发动机，还是多缸发动机；无论是直列型，还是 V 型抑或是对置式，要完成能量转换，实现工作循环，保证长时间连续正常工作，都必须具备以下一些基本机构和系统。



1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构（图 1-3）是发动机实现工作循环，完成能量转换的主要运动零件。它由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成。在做功行程中，活塞承受燃气压力在气缸内做直线运动，通过连杆转换成曲轴的旋转运动，并从曲轴对外输出动力。而在进气、压缩和排气行程中，飞轮释放能量又把曲轴的旋转运动转化成活塞的直线运动。

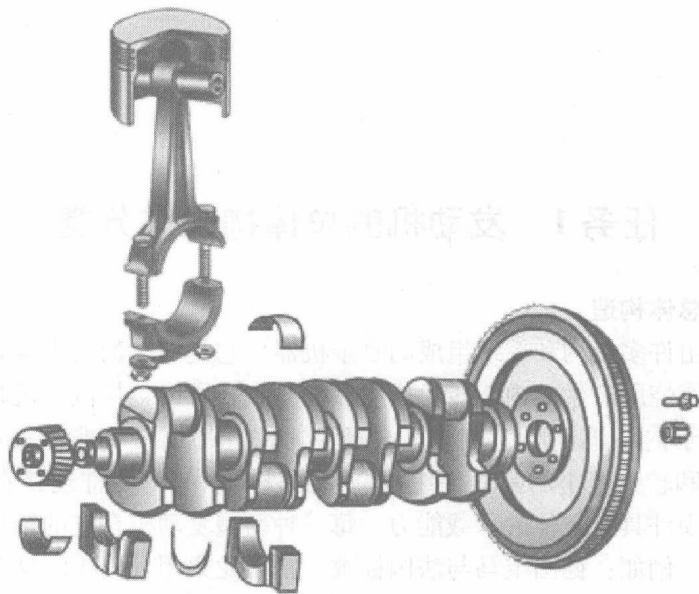


图 1-3 曲柄连杆机构

2. 配气机构

配气机构（图 1-4）的功用是按照发动机每一气缸内所进行的工作循环和发火次序的要求，定时开启和关闭进气门和排气门，使可燃混合气或空气进入气缸，并使废气从气缸内排出，实现换气过程。配气机构大多采用顶置气门式配气机构，一般由气门组、气门传动组和气门驱动组组成。主要是要求其结构有利于减小进气和排气的阻力，且进、排气门的开启时刻和持续开启时间须适当，使吸气和排气都尽可能充分。

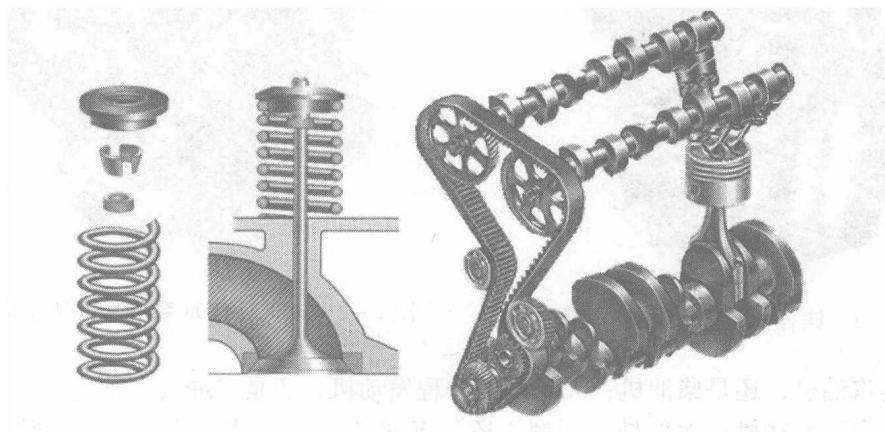


图 1-4 配气机构



3. 燃料供给系统

汽油机燃料供给系统（图1-5）的功用是根据发动机各种工况的要求，配制出一定数量和浓度的混合气，供入气缸，并将燃烧后的废气从气缸内排出到大气中去；柴油机燃料供给系统的功用是把柴油和空气分别供入气缸，在燃烧室内形成混合气并燃烧，最后将燃烧后的废气排出。

通常汽油供给装置由汽油箱、汽油滤清器、汽油泵及油管组成；柴油机燃油供给系统包括喷油泵、喷油器和调速器等主要部件及燃油箱、输油泵、油水分离器、燃油滤清器、喷油提前器、低压油管等辅助装置。

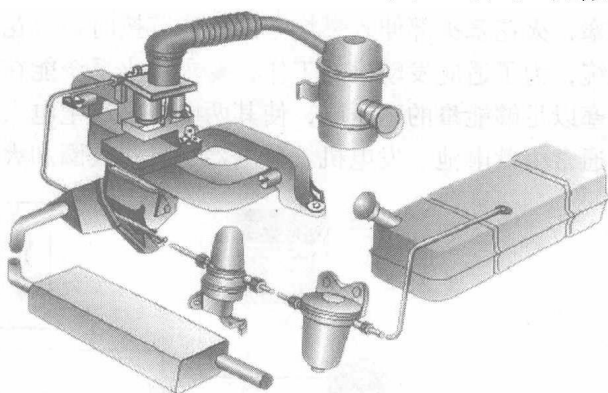


图1-5 燃料供给系统

4. 润滑系统

润滑系统（图1-6）的功用是在发动机工作时连续不断地把数量足够的洁净润滑油输送到全部传动件的摩擦表面，并在摩擦表面之间形成油膜，以实现液体摩擦，减小摩擦阻力，减轻机件的磨损。并对零件表面进行清洗和冷却。润滑系统通常由润滑油道、机油泵、机油滤清器、油底壳、集滤器和一些润滑油压力表、温度表和阀门等组成。

5. 冷却系统

冷却系统（图1-7）的功用是将受热零件吸收的部分热量及时散发出去，保证发动机在最适宜的温度状态下工作。发动机的冷却系统有风冷和水冷之分。汽车发动机，尤其是轿车发动机，大都采用水冷系统，只有少数汽车发动机采用风冷系统。水冷发动机的冷却系统通常由冷却水套、水泵、风扇、水箱、节温器等组成。

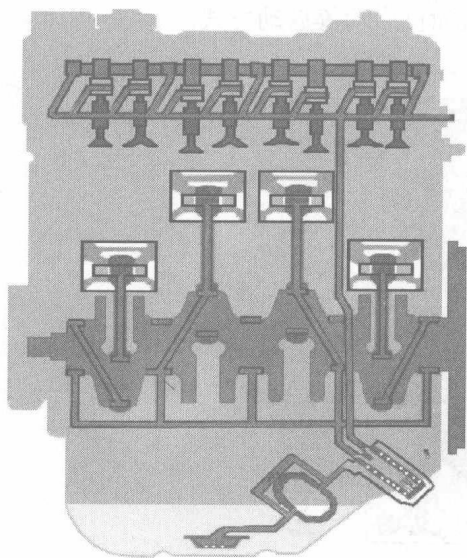


图1-6 润滑系统

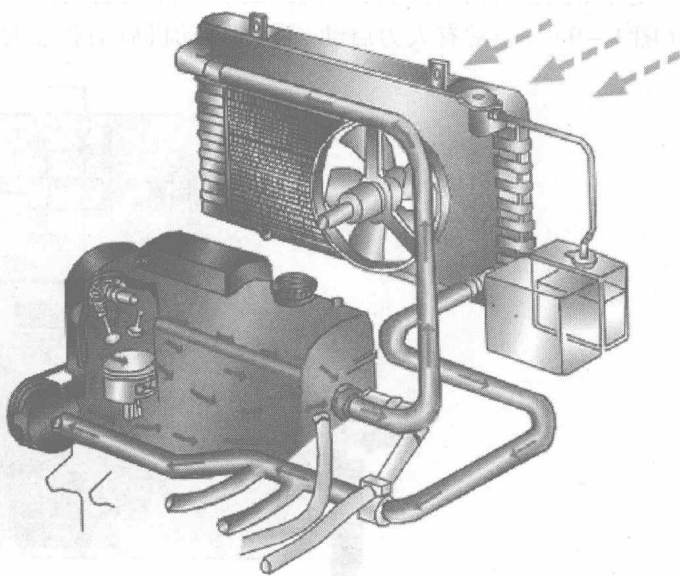


图1-7 冷却系统



6. 点火系统

在汽油机中，气缸内的可燃混合气是靠电火花点燃的，为此在汽油机的气缸盖上装有火花塞，火花塞头部伸入燃烧室内。能够按时在火花塞电极间产生电火花的全部设备称为点火系统，为了适应发动机的工作，要求点火系统能在规定的时刻，按发动机的点火次序供给火花塞以足够能量的高压电，使其两电极间产生电火花，点燃混合气，使发动机做功。点火系统通常由蓄电池、发电机、分电器、点火线圈和火花塞等组成。如图 1-8 所示。

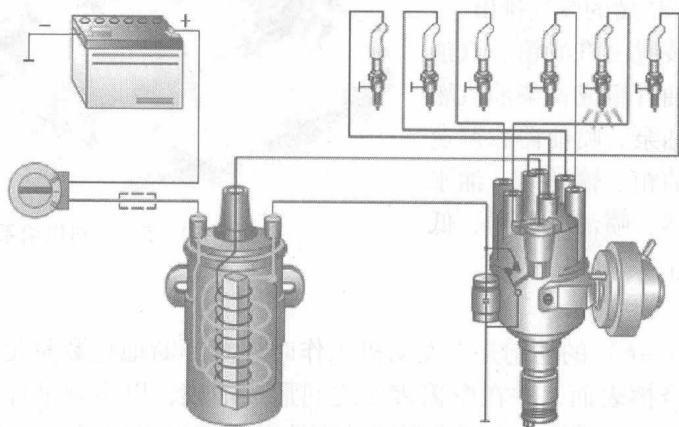


图 1-8 点火系统

7. 启动系统

要使发动机由静止状态过渡到工作状态，必须先用外力转动发动机的曲轴，使活塞做往复运动，气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功，推动活塞向下运动使曲轴旋转，发动机才能自行运转，工作循环才能自动进行。因此，曲轴在外力作用下开始转动到发动机开始自动地怠速运转的全过程，称为发动机的启动。完成启动过程所需的装置，称为发动机的启动系统（图 1-9）。通常有人力启动、电力启动机和辅助汽油机启动等启动方式。

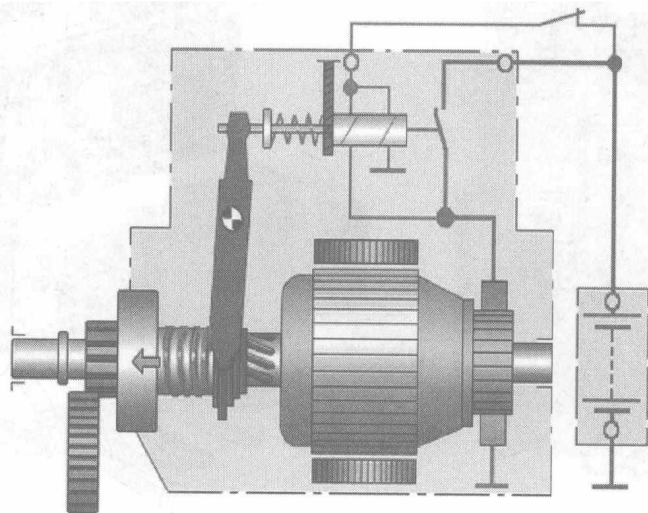


图 1-9 启动系统



汽油机由以上两大机构和五大系统组成,即由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统、点火系统和启动系统组成;柴油机由以上两大机构和四大系统组成,即由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统和启动系统组成。柴油机是压燃的,不需要点火系统。

二、发动机的分类

发动机按照其不同的特点有很多种分类方法。

1. 按燃料分

发动机根据使用燃料的不同,可分为柴油机、汽油机和天然气发动机等(图1-10、图1-11、图1-12)。

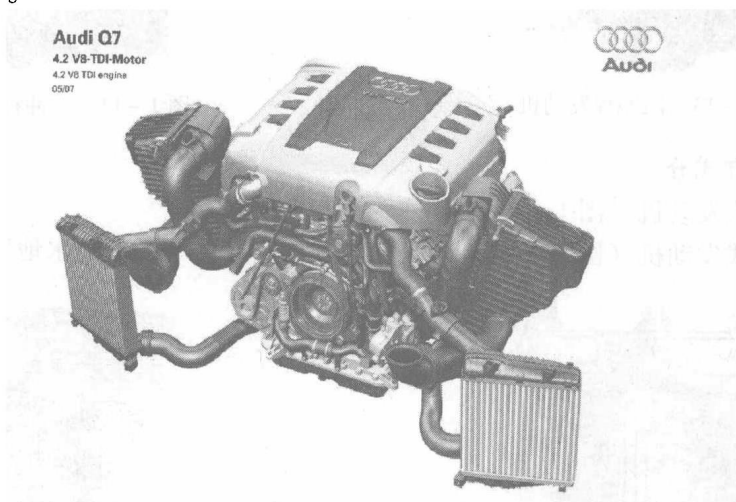


图1-10 奥迪 Q7 4.2 TDI 柴油机

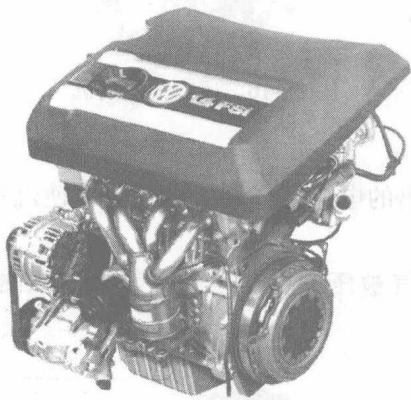


图1-11 国产奥迪新 A4 和新 A6 配备的
2.0T FSI 汽油发动机

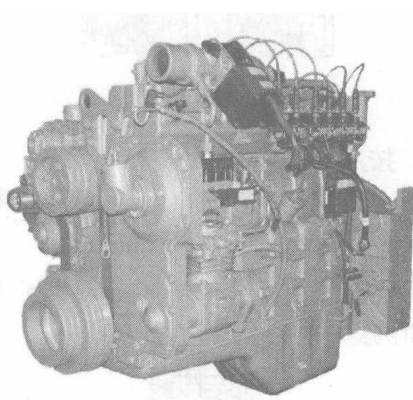


图1-12 上柴 6114 系列 CNG (天然气)
欧Ⅲ发动机

2. 按实现循环的冲程数分

(1) 四冲程发动机(图1-13): 活塞移动四个行程或曲轴转两圈, 气缸内完成一个工作循环。

(2) 二冲程发动机(图1-14): 活塞移动两个行程或曲轴转一圈, 气缸内完成一个工作循环。

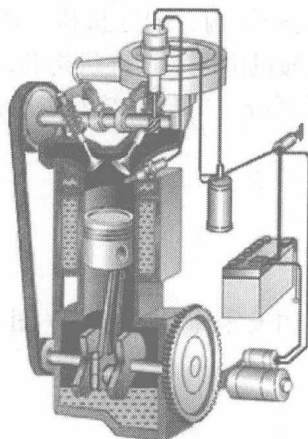


图 1-13 四冲程发动机

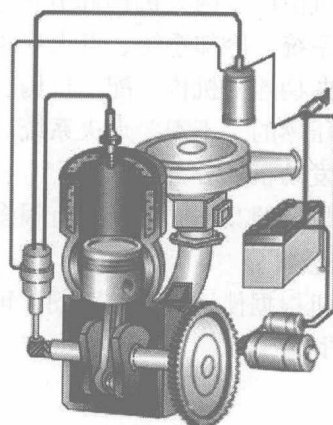


图 1-14 二冲程发动机

3. 按冷却方式分

- (1) 水冷式发动机（图 1-15）：以水为冷却介质。
- (2) 风冷式发动机（图 1-16）：以空气作为冷却介质（适合缺水地区使用）。

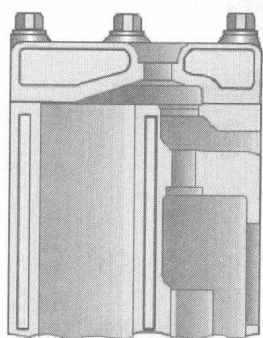


图 1-15 水冷式发动机

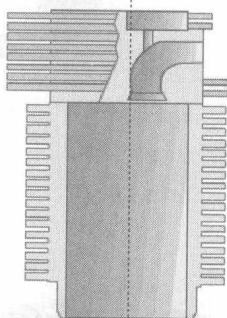


图 1-16 风冷式发动机

4. 按点火方式分

- (1) 点燃式发动机（图 1-17）：利用火花塞发出的电火花强制点燃燃料，使燃料强行着火燃烧。如汽油机、煤气机。
- (2) 压燃式发动机（图 1-18）：利用气缸内空气被压缩后产生的高温，使燃油自燃。如柴油机。

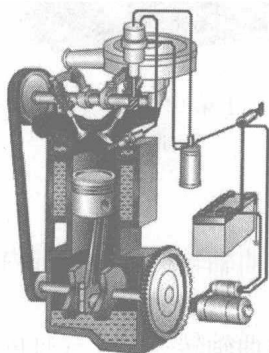


图 1-17 点燃式发动机

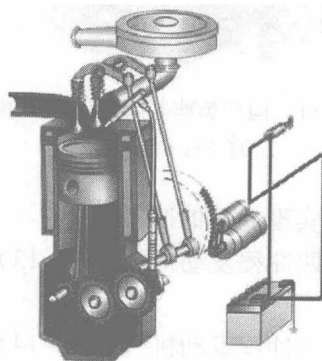


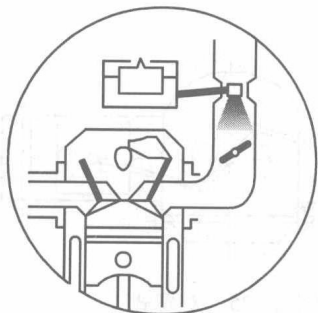
图 1-18 压燃式发动机



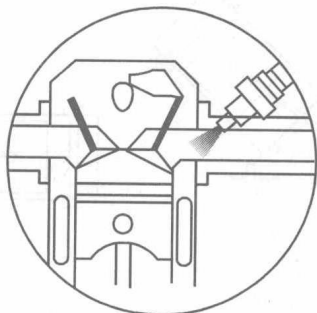
5. 按可燃混合气形成的方法分

(1) 外部形成混合气的发动机 (图 1-19 (a)、(b)): 燃料和空气在外先混合然后进入气缸。如使用化油器的汽油机。

(2) 内部形成混合气的内燃机 (图 1-20): 燃料在临近压缩终了时才喷入气缸, 在气缸内与空气混合。如柴油机。



(a)



(b)

图 1-19 外部形成混合气的发动机

(a) 化油器式; (b) 电控汽油喷射式

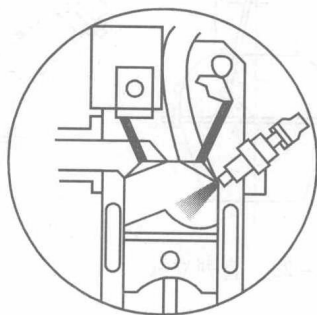


图 1-20 内部形成混合气的内燃机

6. 按进气方式分

(1) 自然吸气式发动机 (图 1-21): 空气靠活塞的抽吸作用进入气缸内。

(2) 增压式发动机 (图 1-22): 为增大功率, 在发动机上装有增压器, 使进入气缸的气体预先经过压气机压缩后再进入气缸。

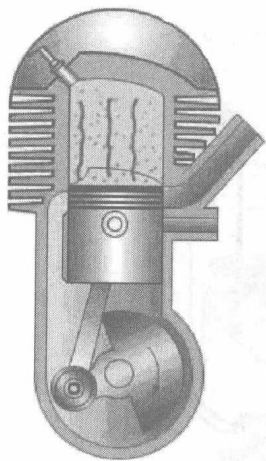


图 1-21 自然吸气式发动机

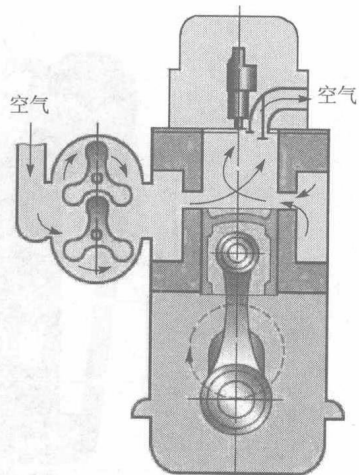


图 1-22 增压式发动机

7. 按气缸数目分

(1) 单缸发动机 (图 1-14)。

(2) 多缸发动机。

按气缸的排列形式又可分为:

① 直列立式发动机 (图 1-23): 所有气缸中心线在同一垂直平面内。



- ② 直列卧式发动机：所有气缸中心线在同一水平平面内。
- ③ V 型发动机（图 1-24）：气缸中心线分别在两个平面内，且两平面相交呈 V 型。
- ④ 对置式发动机（图 1-25）：V 型夹角为 180° 时又称为对置式。

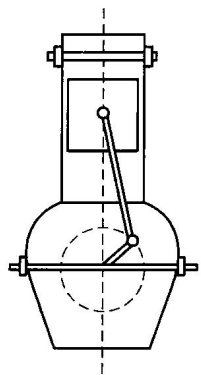


图 1-23 直列立式

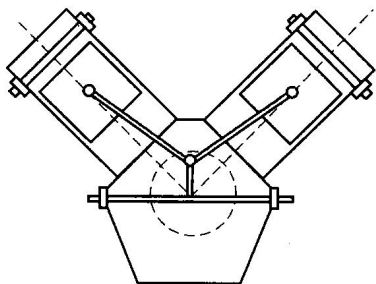


图 1-24 V 型

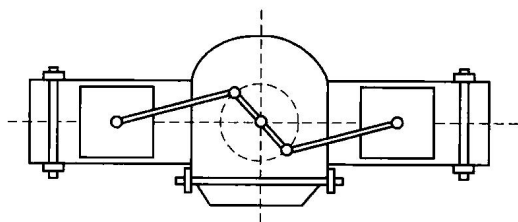


图 1-25 对置式

任务 2 四冲程发动机的常用术语与工作原理

气缸内装有活塞，活塞通过活塞销、连杆与曲轴相连接。活塞在气缸内做往复运动，通过连杆推动曲轴转动（图 1-26）。为了吸入新鲜气体和排出废气，设有进气门和排气门。

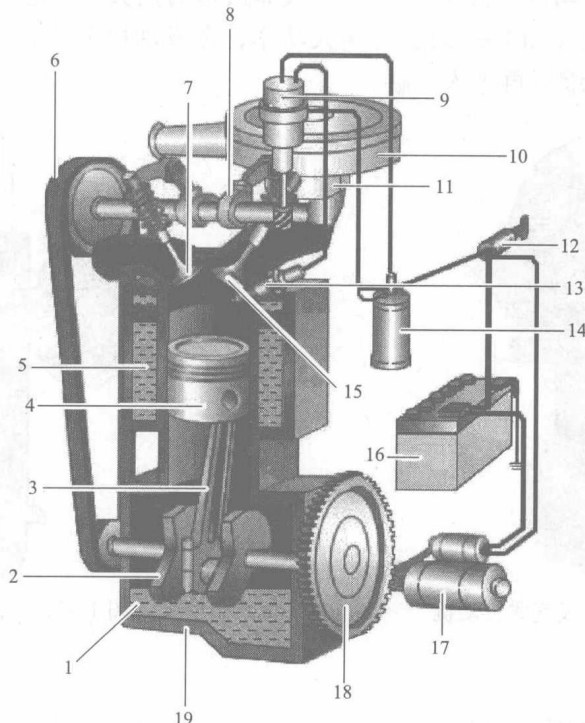


图 1-26 四冲程汽油机示意图

- 1—润滑油；2—曲轴；3—连杆；4—活塞；5—冷却水；6—正时皮带（或正时链条）；7—排气门；8—凸轮轴；
9—分电器；10—空气滤清器；11—化油器；12—点火开关；13—火花塞；14—点火线圈；
15—进气门；16—蓄电池；17—启动机；18—飞轮兼启动齿轮；19—油底壳

一、发动机常用术语

发动机常用术语如图 1-27 所示。

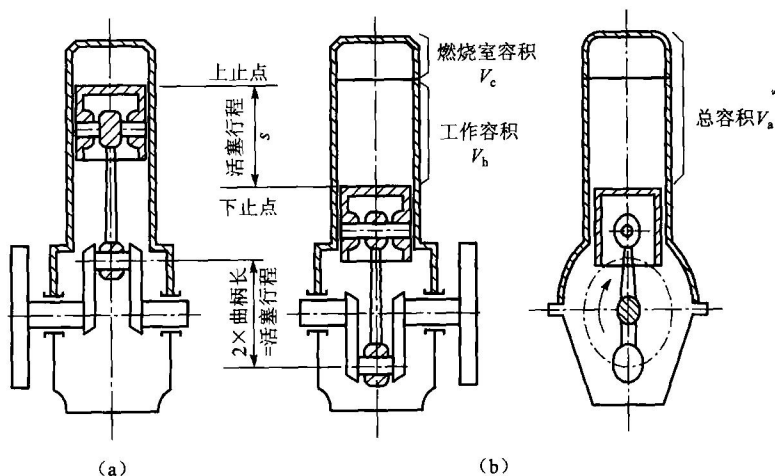


图 1-27 发动机常用术语

(a) 活塞位于上止点；(b) 活塞位于下止点

1. 上止点

活塞在气缸里做往复直线运动时，当活塞向上运动到最高位置，即活塞顶部距离曲轴旋转中心最远的极限位置，称为上止点。

2. 下止点

活塞在气缸里做往复直线运动时，当活塞向下运动到最低位置，即活塞顶部距离曲轴旋转中心最近的极限位置，称为下止点。

3. 活塞行程

活塞从一个止点到另一个止点移动的距离，即上、下止点之间的距离称为活塞行程。一般用 s 表示。对应一个活塞行程，曲轴旋转 180° 。

4. 曲柄半径

曲轴旋转中心到曲柄销中心之间的距离称为曲柄半径，一般用 R 表示。通常活塞行程为曲柄半径的两倍，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。一般用 V_h 表示：

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot s \times 10^{-6} \text{ (L)}$$

式中， D ——气缸直径，mm；

s ——活塞行程，mm。

6. 燃烧室容积

活塞位于上止点时，其顶部与气缸盖之间的容积称为燃烧室容积。一般用 V_c 表示。

7. 气缸总容积

活塞位于下止点时，其顶部与气缸盖之间的容积称为气缸总容积。一般用 V_a 表示，显