

“十四五”职业教育国家规划教材

江苏省“十四五”首批职业教育规划教材

# 汽车发动机 构造与维修

QICHE FADONGJI GOUZA0 YU WEIXIU

主 编 朱方新

主 审 郑军武



互联网+新生态教材

**编写理念先进：**注重做中学、做中教，教学做合一，理实一体

**教学内容超前：**按照岗位需求，体现“四新”，对接职业标准

**教材结构合理：**以项目、任务等为载体，体现模块化、系列化

**呈现形式多样：**全彩印刷，版式活泼新颖，实物图片清晰美观

**编写队伍超强：**编写人员构成合理，行业企业深度参与

**课程资源丰富：**二维码+多媒体PPT+电子教案+凤凰课堂APP，构建O2O立体化课程资源

江苏凤凰教育出版社 凤凰职教

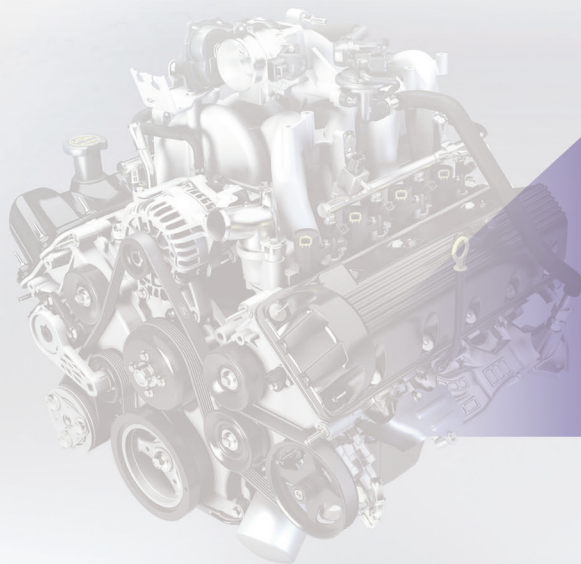
 “十四五” 职业教育国家规划教材

 江苏省“十四五”首批职业教育规划教材

# 汽车发动机 构造与维修

QICHE FADONGJI GOUZA0 YU WEIXIU

主 编 朱方新  
副主编 王 亮 张 峰  
编 写 陈 伟 唐珍珍 张登高 盛 姣 曾华娟  
于占明 李 红 陈宝珍 郦 益 王荣兵  
顾杰志 郭伟伟 陈 梅 周爱林  
主 审 郑军武



互联网+新生态教材

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

汽车发动机构造与维修 / 朱方新主编 . — 南京 :  
江苏凤凰教育出版社, 2020.7 ( 2024.8 重印 )  
ISBN 978-7-5499-8587-6

I. ①汽… II. ①朱… III. ①汽车—发动机—构造—  
高等职业教育—教材②汽车—发动机—车辆修理—高等职  
业教育—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2020 ) 第 073258 号

## 书 名 汽车发动机构造与维修

---

主 编 朱方新  
副 主 编 王 亮 张 峰  
责任编辑 汪立亮  
出版发行 江苏凤凰教育出版社  
地 址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009  
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司  
网 址 <http://www.fhmooc.com>  
照 排 江苏凤凰制版有限公司  
印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司  
厂 址 天津市蓟州区经济开发区福山大道3号, 邮编: 301900  
电 话 022-29140509  
开 本 889 毫米 × 1 194 毫米 1/16  
印 张 17.75  
版次印次 2020年7月第1版 2024年8月第7次印刷  
标准书号 ISBN 978-7-5499-8587-6  
定 价 59.80元  
批发电话 025-83677909  
盗版举报 025-83658893

---

如发现质量问题, 请联系我们。

【内容质量】电话: 025-83658873 邮箱: sunyi@ppm.cn

【印装质量】电话: 025-83677905



# 前言

## preface

随着我国汽车工业的高速发展和社会汽车保有量的与日俱增，社会对汽车类人才的需求日益增长，对从业人员的要求不断提高，这就对相应的职业教育提出了更高、更新的要求。为了更好地满足社会对汽车类人才的需求，本书在编写过程中，力求以“能力本位”观课程论为主导，坚持理实一体化的原则，以知识和能力训练两条教学主线的融合为切入点，尝试打破原来的学科知识体系，重构课程知识体系和能力训练体系；简化了烦琐的理论分析，突出结构、拆装、检测以及故障诊断分析内容的讲练结合，力求与职业资格标准相衔接，有较强的岗位针对性和实用性；建立了立体、层次性教学内容体系，以体现时代性、立体性和动态性为要求，提高自学能力，激发学习兴趣，丰富知识体系，增强实践能力。达到以学生为主体，有所创新、有所特色、适应高职汽车专业教学的开发目标。

本教材较好地吸收了江苏五年制高职教育最新理论和实践研究成果，符合五年制高职教育人才培养目标定位要求。教材内容深入浅出，难易适中，突出“五年贯通培养、系统设计”专业实践技能经验积累培养，重视启发学生思维和培养学生运用知识的能力。教材条理清楚，层次分明，结构严谨，图表美观、文字规范，是一套专门对五年制高职教育人才培养的教材。

本书可作为五年制高职教育汽车相关专业教材，也可作为汽车专业岗位培训教材。

与其他同类教材相比具有以下鲜明特色：

1. 编写理念先进：以就业为导向，以学生为主体，注重职业核心能力的培养，注重做中学、做中教，教学做合一，理实一体。

2. 教学内容超前: 按照岗位需求、课程目标选择教学内容, 体现“四新”、必须和够用。将国内外新知识、新技术引入教材, 以体现内容上的先进性和前瞻性。

3. 教材结构合理: 按照职业领域工作过程的逻辑确定教学单元; 以项目主题、任务、知识链接、知识拓展、项目测评等为载体组织教学单元, 体现模块化、系列化。

4. 呈现形式多样: 全彩印刷装帧精美, 版面设计活泼新颖, 实物图片清晰美观; 二维码、精彩纷呈; 图文声像并茂, 直观鲜明, 立体化呈现。

5. 编写队伍超强: 编写人员构成合理, 行业企业深度参与; 编写团队汇聚江苏职教汽车专业名校名师、全国大赛金牌教练、行业知名职教专家。

6. 课程资源丰富: 以课程开发为理念, 运用互联网+形式, 通过二维码嵌入高清微视频、微课; 开发多媒体 PPT、电子教案, 与纸质教材无缝对接。

本教材共分为发动机概述、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机电控燃油喷射系统、柴油机燃油供给系统、润滑系、冷却系、点火系等 8 个单元。为方便教学, 本教材配有课程说明, 并配套教学视频、教学课件和教学设计参考, 可通过登录 [www.fhmooc.com](http://www.fhmooc.com) 观看配套教学视频及下载相关资料。

本教材由江苏联合职业技术学院盐城生物工程分院朱方新担任主编; 江苏联合职业技术学院盐城生物工程分院王亮和江苏世纪龙科技有限公司张峰担任副主编; 江苏联合职业技术学院盐城生物工程分院陈伟、唐珍珍、张登高、郭伟伟、陈梅、周爱林, 江苏联合职业技术学院无锡交通分院盛姣, 江苏联合职业技术学院徐州经贸分院曾华娟, 江苏联合职业技术学院金陵高职分院于占明, 江苏联合职业技术学院连云港经贸分院李红, 江苏联合职业技术学院仪征职教中心陈宝珍, 江苏联合职业技术学院苏州建设交通分院酆益, 江苏联合职业技术学院淮安生物工程分院王荣兵, 江苏联合职业技术学院连云港工贸分院顾杰志参与了本教材编写。全书最后由郑军武主审, 并提出了宝贵意见。

由于编者水平有限, 时间仓促, 教材中难免有不妥和谬误之处, 恳请广大读者批评指正。



汽车发动机  
构造与维修  
课程说明



# 目录

## 单元一

### 发动机概述

001

项目一 发动机类型及工作原理 .....	001
任务一 发动机类型识别 .....	001
任务二 发动机基本术语 .....	007
任务三 发动机工作原理 .....	010
项目二 发动机基本结构认识 .....	014
任务 认识发动机基本结构 .....	014
项目三 发动机主要性能指标及编号 .....	019
任务一 发动机主要性能指标 .....	019
任务二 发动机编号识别 .....	022

## 单元二

### 曲柄连杆机构

024

项目一 机体缸盖组的构造与检测 .....	024
任务一 汽缸盖和油底壳的拆装与检测 .....	024
任务二 汽缸体的检测 .....	030
项目二 活塞连杆组的构造与检测 .....	037
任务 活塞连杆组的拆装与检测 .....	037
项目三 曲轴飞轮组的构造与检测 .....	050
任务 曲轴的拆装与检测 .....	050
项目四 曲柄连杆机构故障的诊断与排除 .....	060
任务 曲柄连杆机构常见故障的诊断与排除 .....	060

## 单元三

### 配气机构

065

项目一	配气机构的构造与拆装 .....	065
任务	配气机构的拆装 .....	065
项目二	气门传动组的构造与检测 .....	075
任务	气门传动组的拆装与检测 .....	075
项目三	气门组的构造与检测 .....	082
任务	气门组零件的检测 .....	082
项目四	配气机构故障的诊断与排除 .....	089
任务	气门间隙的检测与调整 .....	089

## 单元四

### 汽油机电控燃油喷射系统

097

项目一	空气供给系统的组成与检测 .....	097
任务一	进气测量装置的构造与检测 .....	098
任务二	进气量调节装置的构造与检测 .....	109
任务三	废气排放装置的构造与检测 .....	120
项目二	燃油供给系统构造与维修 .....	127
任务一	电动燃油泵的构造与检测 .....	127
任务二	喷油器构造与检测 .....	134
项目三	电子控制系统构造与检测 .....	140
任务一	传感器的构造与检测 .....	140
任务二	ECM的构造与控制功能 .....	148
项目四	电控燃油喷射系统常见故障的诊断与排除 .....	152
任务	电控燃油喷射系统常见故障的诊断与排除 .....	152



## 单元五

### 柴油机燃油供给系统

160

- 项目一 传统柴油机燃油供给系统的构造与检修 ..... 160
  - 任务一 柴油机可燃混合气的形成与燃烧过程 ..... 160
  - 任务二 传统柴油机燃油供给系统的组成与检测 ..... 165
  - 任务三 喷油泵的构造与检测 ..... 169
  - 任务四 喷油器的构造与检测 ..... 179
  - 任务五 传统柴油机燃油供给系统常见故障的诊断与排除 ..... 183
- 项目二 柴油机电控燃油喷射系统的组成与检修 ..... 187
  - 任务一 柴油机电控燃油喷射系统的组成及主要传感器的检测 ..... 187
  - 任务二 共轨柴油机常见故障的诊断与排除 ..... 205

## 单元六

### 润滑系统

210

- 项目一 润滑系统的构造与检修 ..... 210
  - 任务 润滑系统主要部件的拆装与检测 ..... 210
- 项目二 润滑系统常见故障的诊断与排除 ..... 224

## 单元七

### 冷却系统

230

- 项目一 冷却系统的构造与检修 ..... 230
  - 任务 冷却系统主要部件的拆装与检测 ..... 230
- 项目二 冷却系统常见故障的诊断与排除 ..... 247





项目一 点火系统的组成与检修 .....	252
任务一 点火系统的组成与工作原理 .....	252
任务二 点火系统的主要部件的构造与检测 .....	261
项目二 点火系统典型故障的诊断与排除 .....	271
任务 火花塞缺火的故障诊断与排除 .....	271



# 单元一 发动机概述

## 单元描述

发动机是汽车的动力源，是把其他形式的能量转化为机械能的机器。汽车发动机是由多种机构和系统组成的复杂机器，现代汽车发动机的结构形式很多，本单元要求会识别各种汽车发动机类型及型号，掌握汽车发动机的工作原理和主要性能指标，了解汽车发动机的组成。

## 项目一 发动机类型及工作原理

### 项目导入

汽车发动机类型很多，不同类型的发动机有不同的特点，甚至工作原理也有所不同。我国汽车工业起步晚，但发展速度很快，自主研发了多款高新技术发动机。通过本项目学习，能了解到不同类型发动机的特点和工作原理，同时掌握发动机的基本结构和术语。

## 任务一 发动机类型识别



### 任务目标

#### 知识目标：

1. 理解并掌握发动机的作用；
2. 熟悉发动机的基本分类。

#### 能力目标：

1. 能识别主要发动机的类型；
2. 能比较各类型发动机的特点。



### 任务描述

针对不同类型发动机，通过标识及外观特征能说出发动机类型及其特点。



发动机是汽车的动力源。现代汽车发动机主要采用的是往复式活塞式内燃机。本书所提及的发动机，无特别说明均指往复式活塞式内燃机。发动机的作用是通过燃料在汽缸内的燃烧将化学能转化为热能，再把热能通过膨胀转化为机械能并对外输出动力。汽车发动机的分类方法有很多，按照不同的分类方法可以把发动机分成不同的类型。

### 一、按照活塞运动方式分类

汽车发动机按照活塞运动方式的不同，可以分为往复式活塞式和旋转活塞式两种。活塞在汽缸内做往复直线运动的发动机称为往复式活塞式发动机（图 1-1）；活塞在汽缸内做旋转运动的发动机称为旋转活塞式发动机，这种发动机又称为三角活塞转子发动机（或转子发动机），还称为米勒循环发动机（图 1-2）。

转子发动机与往复式活塞式发动机相比，具有体积较小、重量轻、重心低、高功率容积比（发动机工作容积较小就能输出较多动力）、曲轴平衡简单、转速高、振动和噪声较低、故障率低等优点。但是其制造成本高昂，耐用性也低于往复式活塞式发动机。转子发动机成功运用于市场产品的仅有马自达 RX 系列跑车。

### 二、按照所用燃料分类

汽车发动机按照所使用燃料的不同可以分为汽油机和柴油机。使用汽油为燃料的发动机称为汽油机（图 1-3）；使用柴油为燃料的发动机称为柴油机（图 1-4）；另外也有一些发动机使用其他液体或气体（如酒精、植物油、天然气等）为燃料，这些发动机往往根据结构和工作原理也划入汽油机或柴油机之列。

汽油机与柴油机相比较各有特点：汽油机转速高，体积小，质量轻，工作中振动及噪音小，启动容易，制造成本低，但热效率和经济性不如柴油机，适合于中、小型汽车，尤其是高速汽车的使用；柴油机转速低，压缩比大，热效率高，燃料消耗率低，经济性能和排放性能比汽油机好，但体积大、质量重，工作中振动及噪音较大，启动性差（尤其是低温时），价格高，超负荷运转时容易冒黑烟，最大功率时的转速低，适合于载货汽车的使用。但随着发动机电控技术的发展，柴油机在噪音、启动性、排放等方面的缺点逐渐克服，开始越来越多地应用于轿车。

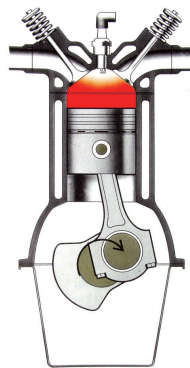


图 1-1 往复式活塞式发动机

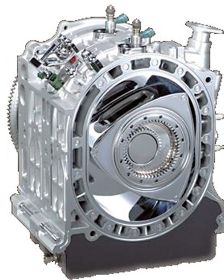


图 1-2 旋转活塞式发动机



图 1-3 汽油机

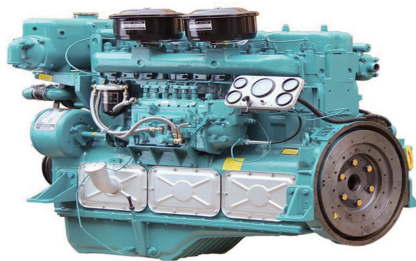


图 1-4 柴油机

### 三、按照行程分类

汽车发动机按照完成一个工作循环所需的冲程数可分为四冲程发动机和二冲程发动机。曲轴转两

圈(720°), 活塞在汽缸内往复运动四个行程, 完成一个工作循环的发动机称为四冲程发动机(图1-5); 曲轴转一圈(360°), 活塞在汽缸内往复运动两个行程, 完成一个工作循环的发动机称为二冲程发动机(图1-6)。

二冲程发动机体积小、重量轻、功率大、结构简单、可靠性高、价格便宜, 但油耗高、排放高, 主要用于一些对重量、体积和可靠性要求较高的汽车或摩托车; 四冲程发动机体积大、结构复杂、油耗低、排放低, 价格相对较高, 用于大多数汽车。

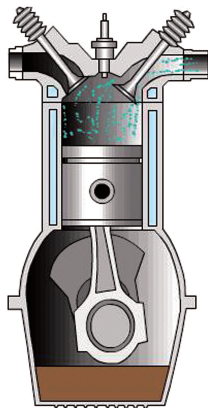


图 1-5 四冲程发动机

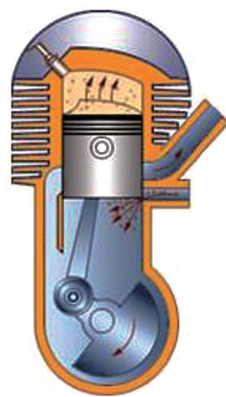


图 1-6 二冲程发动机

#### 四、按照冷却方式分类

汽车发动机按照冷却方式的不同可以分为水冷发动机和风冷发动机。利用在汽缸体和汽缸盖冷却水套中进行循环的冷却液作为冷却介质进行冷却的发动机称为水冷发动机(图1-7); 以空气作为冷却介质的发动机称为风冷发动机(图1-8)。

水冷发动机冷却均匀, 水路和冷却强度可调节, 工作可靠, 冷却效果好, 广泛地应用于现代车用发动机。风冷发动机结构简单, 质量轻, 维护和使用方便, 对气候变化适应性强, 启动快, 不需要散热器, 但缸体和缸盖刚度差, 振动大, 噪声大, 容易过热。主要应用于对于质量要求轻的一些小型发动机、某些军用汽车、个别载货汽车及缺水地区。

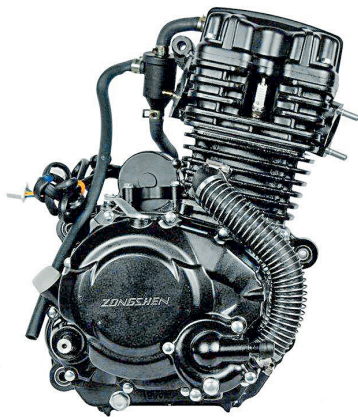


图 1-7 水冷发动机

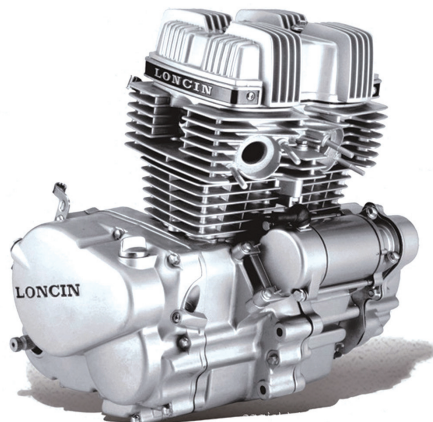


图 1-8 风冷发动机

#### 五、按照汽缸数目分类

汽车发动机按照汽缸数目的不同可以分为单缸发动机和多缸发动机。仅有一个汽缸的发动机称为单缸发动机(图1-9); 有两个以上汽缸的发动机称为多缸发动机(图1-10)。汽车发动机常用缸数有3、4、5、6、8、10、12、16缸等。

单缸发动机工作平稳性差, 转速波动大, 振动大, 且随着转速或排量的增加而增大, 但其结构简单, 重量轻, 结构尺寸小, 制造成本较低, 维护方便。多缸发动机在同等缸径下, 排量和功率较大; 在同

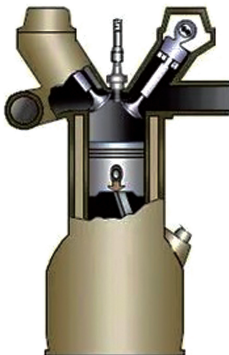


图 1-9 单缸发动机

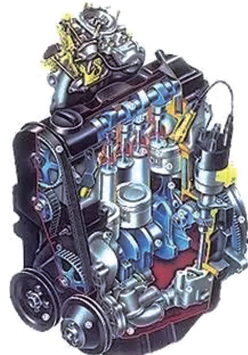


图 1-10 多缸发动机

等排量下，多缸发动机的缸径小，允许转速高、升功率大，运转平稳，振动与噪声较小。现代汽车都采用多缸发动机。

## 六、按照汽缸排列方式分类

汽车发动机按照汽缸排列方式的不同分为 L 形、V 形、H 形和 W 形四种。所有的汽缸均按同一角度排列成一个平面的发动机称为 L 形（直列式）发动机（图 1-11）；所有的汽缸分成两组，呈 V 字形夹角排列在两个平面的发动机称为 V 形发动机（图 1-12）；将 V 形发动机每侧汽缸再进行小角度的错开，从侧面看汽缸呈 W 字形的发动机称为 W 形发动机，W 形发动机是德国大众专属的发动机技术（图 1-13）；V 形发动机左右两列汽缸之间的夹角等于  $180^\circ$  的 V 形发动机又称为 H 形（水平对置式）发动机（图 1-14）。

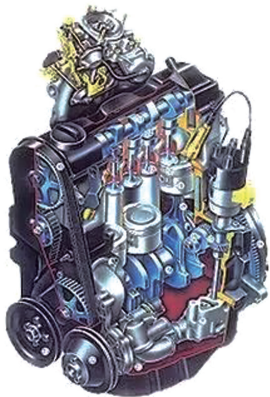


图 1-11 L 形发动机

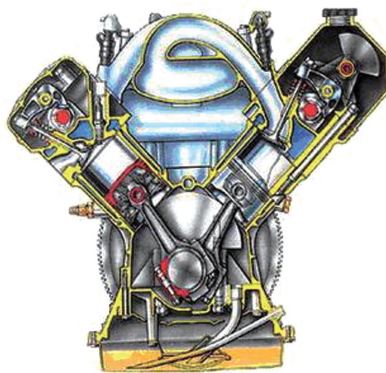


图 1-12 V 形发动机

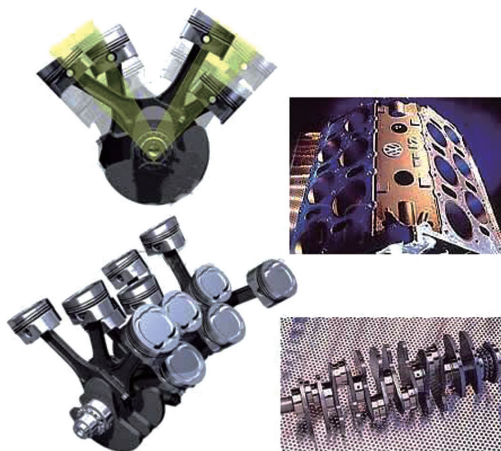


图 1-13 W 形发动机

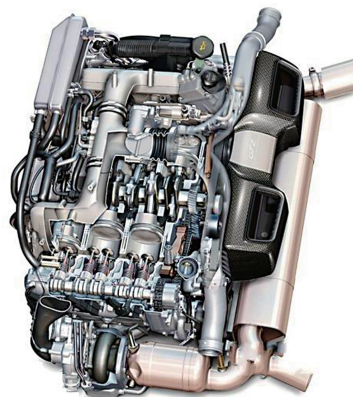


图 1-14 H 形发动机

L 形（直列式）发动机结构简单、体积小、制造成本低，但是 L 形发动机随着缸数的增加长度也将增加，缸数、最大功率同时也受到限制，主要有 L3、L4、L5、L6 形。几乎所有中档以下的国产车及采用四缸发动机的车型都是 L 形发动机。宝马的 L6 发动机在技术含量、性能表现上是直列发动机的极致。

V 形发动机缩短了机体的长度和高度，高度的降低可以减小汽车的迎风面积，提高汽车的空气动力学性能；长度的缩短可以增加驾乘舱的空间，还可以扩大汽缸直径和汽缸数来提高发动机的排量和功率。V 形发动机振动较小，运转平顺。但 V 形发动机结构复杂、制造成本高、保养和维修较为困难。V 形发动机从 V3 到 V5、V6、V8、V10、V12、V16 都有，排气量可以从很小做到很大。

W 形发动机比 V 形发动机的长度更短，重量更轻，体积更小。但 W 形发动机结构过于复杂，制造成本高，其宽度更大，发动机室更满。W 形发动机是大众的专利技术，只有大众集团旗下的顶级车型上才使用 W 形发动机，目前主要有 W12 和 W16。

H形（水平对置式）发动机的汽缸平放，降低了机体的高度和汽车的重心，增强了汽车的行驶稳定性和操控性；H形发动机较V形发动机运转平顺性更好，油耗更低、功率损耗更小。但水平对置发动机的结构复杂，造价和养护成本高，而且由于重力作用，在活塞的上侧润滑效果较差。富士 WRX-Si 和保时捷 911 车都采用的是水平对置发动机。

## 七、按照进气系统是否采用增压方式分类

发动机按照进气系统是否采用增压方式可以分为自然吸气（非增压）式发动机和强制进气（增压）式发动机两种。将空气预先压缩后再供入汽缸的发动机称为强制进气（增压）式发动机（图 1-15）；空气未经压缩直接供入汽缸内的发动机称为自然吸气（非增压）式发动机（图 1-16）。

发动机增压可以分为机械增压、气波增压、废气涡轮增压、复合增压四种，其中废气涡轮增压是利用发动机排出废气的惯性冲力来推动涡轮室内的涡轮，涡轮带动同轴的叶轮压送空气。增压使进入燃烧室内的空气量增多，发动机的功率及扭矩可增大 20% ~ 30%。但采用增压技术后对发动机强度、机械加工精度、装配技术等要求更严格。

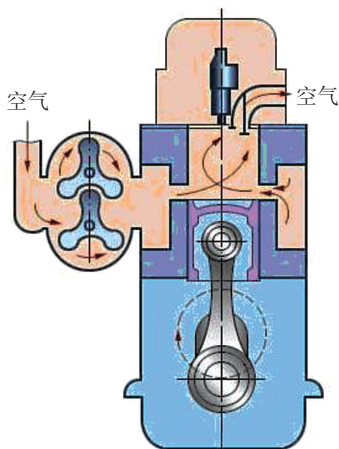


图 1-15 增压式

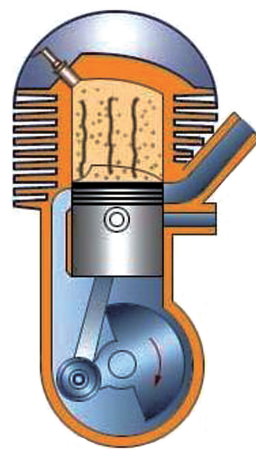


图 1-16 燃吸气式



## 学生工作页

在校园内随机搜索 10 辆不同汽车，通过观察汽车外观和网络查询获取信息并完成下表。

序号	汽车品牌	活塞运动方式	所用燃料	冲程数	冷却方式	汽缸数目	汽缸排列	是否增压	主要特点
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									



### 一、填空题

1. 汽车发动机按照活塞运动方式的不同,可以分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种。
2. 汽车发动机按照所使用燃料的不同可以分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
3. 汽车发动机按照完成一个工作循环所需的冲程数可分为\_\_\_\_\_发动机和\_\_\_\_\_发动机。
4. 汽车发动机按照冷却方式的不同可以分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种。
5. 汽车发动机按照汽缸数目的不同可以分为\_\_\_\_\_发动机和\_\_\_\_\_发动机。
6. 汽车发动机按照汽缸排列方式的不同分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_四种。
7. 发动机按照进气系统是否采用增压方式可以分为\_\_\_\_\_式发动机和\_\_\_\_\_式发动机两种。

### 二、判断题

1. 水冷发动机冷却均匀,工作可靠,冷却效果好。 ( )
2. 同等缸数的V形发动机比L形发动机要紧凑。 ( )
3. 只有柴油机才能使用增压方式。 ( )
4. 转子发动机由于工作原理不同,所以不需要经过进气、压缩、做功、排气这四个过程。 ( )

### 三、名词解释

1. 增压发动机
2. L形发动机
3. V形发动机
4. H形发动机
5. W形发动机

### 四、问答题

1. 转子发动机的特点有哪些?
2. L形(直列式)发动机和V形发动机的特点各有哪些?
3. 二冲程发动机的特点是什么?
4. 单缸发动机有哪些优缺点?