

# 汽车发动机构造与维修



类目：新能源汽车类

书名：汽车发动机构造与维修

主编：王连军

出版社：电子科大出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5770-1111-0

使用层次：通用

出版时间：2024 年 8 月

定价：59.80 元

印刷方式：双色

是否有资源：是

策划编辑: 万晓桐  
责任编辑: 万晓桐  
封面设计: 旗语书装



# 汽车发动机 构造与维修

汽车类  
改革创新系列  
教材

汽车类创新系列教材  
教育改革新理念教材

汽车发动机构造与维修

主 编 © 王连军



# 汽车发动机 构造与维修

主 编 © 王连军



扫描二维码  
关注更多精彩内容



ISBN 978-7-309-51111-0  
定价: 59.80元

电子科技大学出版社

电子科技大学出版社  
University of Electronic Science and Technology of China Press



汽车类创新系列教材  
教育改革创新理念教材



# 汽车发动机 构造与维修

主 编 © 王连军

副主编 © 张永安 包尔汗·吾尤甫



 电子科技大学出版社  
University of Electronic Science and Technology of China Press

· 成都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机构造与维修 / 王连军主编. -- 成都 :  
成都电子科大出版社, 2024. 8. -- ISBN 978-7-5770  
-1111-0

I. U472.43

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024VJ8998 号

汽车发动机构造与维修

QICHE FADONGJI GOUZAO YU WEIXIU

王连军 主编

策划编辑 万晓桐

责任编辑 万晓桐

责任校对 魏 彬

责任印制 梁 硕

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 涿州汇美亿浓印刷有限公司

成品尺寸 210mm×285mm

印 张 18.5

字 数 465 千字

版 次 2024 年 8 月第 1 版

印 次 2024 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5770-1111-0

定 价 59.80 元

版权所有 侵权必究

# 前言 PREFACE



随着汽车工业逐渐迈向成熟，作为汽车心脏的发动机，其性能越来越优越。在实际使用过程中，对汽车发动机的维护、检测、故障诊断和维修要求越来越高，发动机的维修能力已是汽车类人才能力评价的重要方面。为适应人才的培养，传授适用知识与技能，紧密围绕职业能力培养与形成的核心目标，秉承理论学习、实操训练相融合的理念，精心编写了此书。

本书的主要特点有以下几个方面。

第一，本书立足汽车发动机维修能力的培养，突出理论对实践的指导，在强化技能的同时，引导学生扩展知识，养成持续学习的能力。

第二，本书注重汽车维修岗位对人才的知识、能力要求的培养，力求与相应的职业资格标准衔接，并较多反映了新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料的内容。本书项目内容包括发动机的基本结构、工作原理、常见故障、维修方法和复习题，突出理论、实践一体化的教学模式，重在对学生维修能力的培养。

第三，本书在内容选择上，以成熟、实用的结构和方法为主，使本书内容具有实用性和宽广性。

本书注重理论知识与实践技能的有机结合，突出针对性、先进性、通用性和实践性。本书不仅可作为高等学校汽车检测与维修专业的教材，也可供汽车维修技术人员参考。

由于编者水平有限，书中不足在所难免，敬请广大读者批评指正。



# 目 录 CONTENTS



## 总 论 / 1

- 任务一 汽车总体构造 / 2
- 任务二 汽车分类 / 3
- 任务三 汽车的主要技术参数 / 7
- 任务四 车辆识别代号 / 10

## 项目一 发动机构造与维修基础知识 / 13

- 任务一 发动机的总体构造 / 14
- 任务二 发动机的工作原理 / 16
- 任务三 发动机的性能指标 / 22
- 任务四 发动机维修基础知识 / 25
- 任务五 发动机维修常用工具 / 30
- 任务六 发动机维修常用量具 / 34
- 任务七 发动机的型号编制规则 / 37

## 项目二 曲柄连杆机构的检修 / 41

- 任务一 曲柄连杆机构的工作及受力 / 42
- 任务二 汽缸体的构造与维修 / 45
- 任务三 汽缸盖、汽缸垫的构造与维修 / 60
- 任务四 活塞的构造与维修 / 67
- 任务五 活塞环、活塞销的构造与维修 / 72
- 任务六 连杆的构造与维修 / 82
- 任务七 曲轴、飞轮的构造与维修 / 88
- 任务八 曲轴轴承的构造与维修 / 94



- 任务九 平衡轴系统的构造与维修 / 99
- 任务十 曲柄连杆机构的故障诊断 / 100

### 项目三 配气机构的检修 / 106

- 任务一 配气机构认知 / 107
- 任务二 配气相位 / 111
- 任务三 气门组零件的构造与维修 / 113
- 任务四 气门传动组零件的构造与维修 / 122
- 任务五 可变配气相位控制机构 / 132
- 任务六 VVT-i 可变配气机构 / 136
- 任务七 配气机构的检查与调整 / 140

### 项目四 汽油机燃料供给系统构造与检修 / 145

- 任务一 电控汽油机燃料供给系统认知 / 146
- 任务二 电控汽油机空气供给系统 / 150
- 任务三 电控汽油机燃油供给系统 / 168
- 任务四 电控汽油机排气系统 / 173
- 任务五 电控汽油机燃料供给系统检修 / 177
- 任务六 汽油直接喷射系统 / 182

### 项目五 柴油机燃料供给系统构造与检修 / 186

- 任务一 柴油机燃料供给系统认知 / 187
- 任务二 柴油机燃料供给系统主要部件 / 194
- 任务三 柴油机燃料供给系统的其他装置 / 223
- 任务四 柴油机电子控制系统 / 226
- 任务五 柴油发动机的故障诊断与排除 / 233

### 项目六 发动机冷却系统构造与检修 / 243

- 任务一 冷却系统认知 / 244
- 任务二 冷却系统主要零部件的构造与维修 / 246
- 任务三 电子控制发动机冷却系统 / 258
- 任务四 冷却系统的维护与常见故障诊断 / 262



## 项目七 发动机润滑系统构造与检修 / 265

任务一 润滑系统认知 / 266

任务二 润滑系统主要零部件的构造与维修 / 270

任务三 润滑系统的维护与常见故障诊断 / 283

## 参考文献 / 287







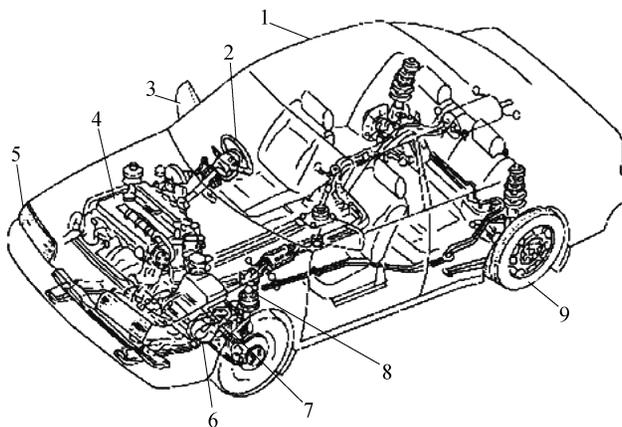
# 总 论



## 任务一 汽车总体构造

汽车是现代社会重要的陆地交通工具，是自带动力装置、由上万个零部件组成的非轨道车辆；汽车由于具有方便、快捷的特点，广泛应用于人们的社会生产和日常生活中。汽车是由各种装置和机构组成的。尽管现代汽车所采用的各种装置和机构以及它们在车上的布置有很多差异，但汽车的总体结构以及主要装置、机构的作用和工作原理都是类似的，具有基本相同的特点。

现代汽车的总体结构主要由四大部分组成，即发动机、底盘、车身、电气设备。此外，一些特种用途的汽车还具有各种附属装置和设备。如图 0-1 所示为一般现代汽车的总体结构。



1—车身；2—方向盘；3—倒车镜；4—发动机；5—前照灯；6—前桥；  
7—制动器；8—变速器；9—后车轮。

图 0-1 常见现代汽车的总体结构

### 1. 发动机

发动机是汽车的动力装置。其作用是将燃料燃烧的热能转变成机械能，驱动汽车行驶。现代汽车上的发动机绝大多数是往复式内燃机，一般由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统（汽油发动机用）和启动系统等组成，以汽油或轻柴油为燃料。

### 2. 底盘

底盘是汽车装配与行驶的基体，其作用是支承、安装发动机及汽车的其他总成与部件，形成汽车的整体。底盘接受来自发动机的动力，驱动汽车产生运动，并保证汽车正常行驶，底盘由传动系、行驶系、转向系、制动系等部分组成。

传动系：将发动机输出的动力传递给驱动车轮。机械式传动系由离合器、变速器、传动轴及驱动桥（包括主减速器、差速器、半轴、桥壳）等总成和零部件组成。



行驶系：接受由发动机经传动系传来的转矩并转化为驱动力；传递并承受路面作用于车轮上的各种反力及其力矩；缓和不平路面对车身造成的冲击和振动，保证其行驶平顺性；与转向系配合工作，实现汽车行驶方向的正确控制，保证汽车的操纵稳定性。其主要由车架、车桥（包括前桥和后桥）、悬架（包括前悬架和后悬架）、车轮等总成组成。

转向系：转向系的作用是保证汽车能够按照驾驶员所给定的方向行驶。其主要由方向盘、转向器和转向传动装置组成。

制动系：制动系的作用是保证汽车能够迅速降低速度以致安全停车。它由制动器和制动传动装置组成。

### 3. 车身

车身用以安置驾驶员、乘客或装载货物。车身的结构取决于汽车的用途。对于客车来说，车身有完整的封闭或敞篷车身，车内设座椅。在载货汽车中，车身则由驾驶室和货箱两部分组成。

汽车车身除具有结构性功能外还具有装饰性功能，主要反映在车身造型的艺术形象、内外装潢、色彩和质感等方面，汽车的装饰性功能对轿车尤为重要。

### 4. 电气设备

电气设备主要由电源、启动、照明及信号等部分组成。在采用汽油发动机的汽车中，还包括有发动机的点火系。现代汽车还包括电子设备、车用电脑系统及各种人工智能装置，如电控燃油喷射、点火系统，自动换挡装置、防抱死制动系统（ABS）、自动防盗报警及巡航系统等。

以上所述是目前使用的大多数汽车的总体结构形式。有时为了适应不同汽车的使用需求及改善汽车某一方面的使用性能，汽车总体结构可做某些改变。同时，随着汽车技术的不断发展，汽车的总体结构和各总成、部件的结构形式也会不断发展和改进。

## 任务二 汽车分类

汽车是指由动力驱动，具有4个或4个以上车轮的非轨道承载的车辆，主要用于运送人员或货物、牵引运送人员或货物的车辆及其他特殊用途，以及与电力线相连的车辆，如无轨电车；整车质量超过400 kg的三轮车辆。

### 1. 根据汽车的用途分类

《汽车和挂车类型的术语和定义》（GB/T 3730.1—2001）将汽车类型划分为乘用车和商用车。

乘用车：在其设计和技术特性上主要用于运送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、专用乘用车等 11 类，其术语和定义见表 0-1 所列，表中序号 1~6 给出的乘用车也称“轿车”。

表 0-1 乘用车术语和定义

序 号	术 语	定 义
1	普通乘用车	车身：封闭式，侧窗中柱有或无 车顶（顶盖）：固定式，硬顶。有的顶盖一部分可以开启 座位：4 个或 4 个以上座位，至少两排。后座椅可折叠或移动，以形成装载空间 车门：2 个或 4 个侧门，可有一个后开启门
2	活顶乘用车	车身：具有固定侧围框架的可开启式车身 车顶（顶盖）：车顶为硬顶或软顶，至少有 2 个位置（第一个位置封闭车身；第二个位置使车顶开启或拆除）。可开启式车身可以通过使用 1 个或多个硬顶部件或合拢软顶将开启的车身关闭 座位：4 个或 4 个以上座位，至少两排 车门：2 个或 4 个侧门 车窗：4 个或 4 个以上侧窗
3	高级乘用车	车身：封闭式。前后座之间可以设有隔板 车顶（顶盖）：固定式，硬顶。有的顶盖部分可以开启 座位：4 个或 4 个以上座位，至少两排。后排座椅前可安装折叠式座椅 车门：4 个或 6 个侧门，也可有 1 个后开启门 车窗：6 个或 6 个以上侧窗
4	小型乘用车	车身：封闭式，通常后部空间较小 车顶（顶盖）：固定式，硬顶。有的顶盖部分可以开启 座位：2 个或 2 个以上的座位，至少一排 车门：2 个侧门，也可有 1 个后开启门 车窗：2 个或 2 个以上侧窗
5	敞篷车	车身：可开启式 车顶（顶盖）：车顶可为软顶或硬顶，至少有两个位置（第一个位置遮覆车身；第二个位置使车顶卷收或可拆除） 座位：2 个或 2 个以上的座位，至少一排 车门：2 个或 4 个侧门 车窗：2 个或 2 个以上侧窗
6	舱背乘用车	车身：封闭式，侧窗中柱可有可无 车顶（顶盖）：固定式，硬顶。有的顶盖一部分可以开启 座位：4 个或 4 个以上座位，至少两排。后座椅可折叠或可移动，以形成一个装载空间 车门：2 个或 4 个侧门，车身后部有 1 个舱门



序号	术语	定 义
7	旅行车	<p>车身：封闭式。车尾外形可提供较大的内部空间</p> <p>车顶（顶盖）：固定式，硬顶。有的顶盖一部分可以开启</p> <p>座位：4个或4个以上座位，至少两排。座椅的一排或多排可拆除，或装有向前翻倒的座椅靠背，以提供装载平台</p> <p>车门：2个或4个侧门，并有1个后开启门</p> <p>车窗：4个或4个以上侧窗</p>
8	多用途乘用车	<p>除上述1~7车辆以外的，只有单一车室载运乘客及其行李或物品的乘用车。但是，如果这种车辆同时具有下列两个条件，则不属于乘用车：</p> <p>1. 除驾驶员以外的座位数不超过6个；只要车辆具有可使用的座椅安装点，就应算“座位”存在</p> <p>2. <math>P - (M + N \times 68) &gt; N \times 68</math></p> <p>式中：P为最大设计总质量；M为整车整备质量与1位驾驶员质量之和；N为除驾驶员以外的座位数</p>
9	短头乘用车	一种乘用车，它一半以上的发动机长度位于车辆前风窗玻璃最前点以后，并且方向盘的中心位于车辆总长的前1/4部分内
10	越野乘用车	其设计为所有车轮同时驱动（包括一个驱动轴可以脱开的车辆），或其几何特性（接近角、离去角、纵向通过角、最小离地间隙）、技术特性（驱动轴数、差速锁止机构或其他形式机构）和它的性能（爬坡度）允许在非道路上行驶的一种乘用车
11	专用乘用车	<p>运载乘员或物品并完成特定功能的乘用车，它具备完成特定功能所需的特殊车身或装备。其主要包括：</p> <p>旅居车：一种至少具有座椅和桌子、睡具（可由座椅转换而来）、炊事设施、储藏设施的乘用车</p> <p>防弹车：用于保护所运送的乘员或物品，并符合装甲防弹要求的乘用车</p> <p>救护车：用于运送病人或伤员，并为此目的配有专用设备的乘用车</p> <p>殡仪车：用于运送死者，并为此目的而配有专用设备的乘用车</p>

注：定义中的车窗指一个玻璃窗口，它可由一块或几块玻璃组成（例如通风窗为车窗的一个组成部分）。

商用车：在设计和技术特性上用于运送人员和货物的汽车，并且可以牵引挂车，乘用车不包括在内。

商用车又分为客车、货车和半挂牵引车等。客车又可分为小型客车、城市客车、长途客车、旅游客车、铰接客车、无轨电车、越野客车、专用客车。货车又可分为普通货车、多用途货车、全挂牵引车、越野货车、专用作业车、专用货车。商用车术语和定义见表 0-2 所列。



表 0-2 商用车术语和定义

序号	术语	定义
1	客车	<p>在设计和技术特性上用于载运乘客及其随身行李的商用车辆，包括驾驶员座位在内座位数超过 9 座。客车有单层的或双层的，也可牵引一辆挂车。客车又可分为以下几种：</p> <p>小型客车：用于载运乘客，除驾驶员座位外，座位数不超过 16 座的客车</p> <p>城市客车：一种为城市内运输而设计和装备的客车。这种车辆设有座椅及乘客站立的位置，并有足够的空间供频繁停站时乘客上下车走动使用</p> <p>长途客车：一种为城市间运输而设计和装备的客车。这种车辆没有专供乘客站立的位置，但在其通道内可载运短途站立的乘客</p> <p>旅游客车：一种为旅游而设计和装备的客车。这种车辆的布置要确保乘客的舒适性，不载运站立的乘客</p> <p>铰接客车：一种由两节刚性车厢铰接组成的客车。在这种车辆上，两节车厢是相通的，乘客可通过铰接部分在两节车厢之间自由走动。这种车辆可以按城市客车、长途客车或旅游客车进行装备，两节刚性车厢永久连接，只有在工厂车间使用专用的设施才能将其拆开</p> <p>无轨电车：一种经架线由电力驱动的客车。这种电车可指定用作多种用途，并按城市客车、长途客车和铰接客车进行装备</p> <p>越野客车：在其设计上所有车轮同时驱动（包括一个驱动轴可以脱开的车辆）或其几何特性（接近角、离去角、纵向通过角、最小离地间隙）、技术特性（驱动轴数、差速锁止机构或其他形式机构）和它的性能（爬坡度）允许在非道路上行驶的一种车辆专用客车（在其设计和技术特性上只适用于需经特殊布置安排后才能载运人员的车辆）</p>
2	半挂牵引车	<p>装备有特殊装置用于牵引半挂车的商用车辆</p>
3	货车	<p>一种主要为载运货物而设计和装备的商用车辆，它也可牵引一辆挂车。货车又可分为：</p> <p>普通货车：一种在敞开（平板式）或封闭（厢式）载货空间内载运货物的货车</p> <p>多用途货车：在其设计和结构上主要用于载运货物，但在驾驶员座椅后带有固定或折叠式座椅，可运载 3 个以上乘客的货车</p> <p>全挂牵引车：一种牵引杆式挂车的货车。它本身可在附属的载运平台上运载货物</p> <p>越野货车：在其设计上所有车轮同时驱动（包括一个驱动轴可以脱开的车辆）或其几何特性（接近角、离去角、纵向通过角、最小离地间隙）、技术特性（驱动轴数、差速锁止机构或其他形式的机构）和它的性能（爬坡度）允许在路况不好的道路上行驶的一种车辆</p> <p>专用作业车：在其设计和技术特性上用于特殊工作的货车。例如：消防车、救险车、垃圾车、应急车、街道清洗车、扫雪车、清洁车等</p> <p>专用货车：在其设计和技术特性上用于运输特殊物品的货车。例如：罐式车、乘用车运输车、集装箱运输车等</p>



## 2. 根据汽车的动力装置进行划分

根据汽车的动力装置来划分可分为下面几种汽车。

内燃机汽车：分为汽油机汽车、柴油机汽车、燃气汽车（用天然气、煤气等气体作为发动机燃料）等。

电动汽车：用电动机作为动力装置的汽车，供能装置通常是化学蓄电池，也可以是太阳能电池，或其他形式的能源。

燃气轮机汽车：用燃气轮机作为动力装置的汽车。

## 任务三 汽车的主要技术参数

汽车的主要技术性能，常用下列结构参数来表示。

### 1. 汽车主要尺寸参数

汽车的主要尺寸参数包括轴距、轮距、车长、车宽、车高、前悬、后悬等（如图0-2所示）。

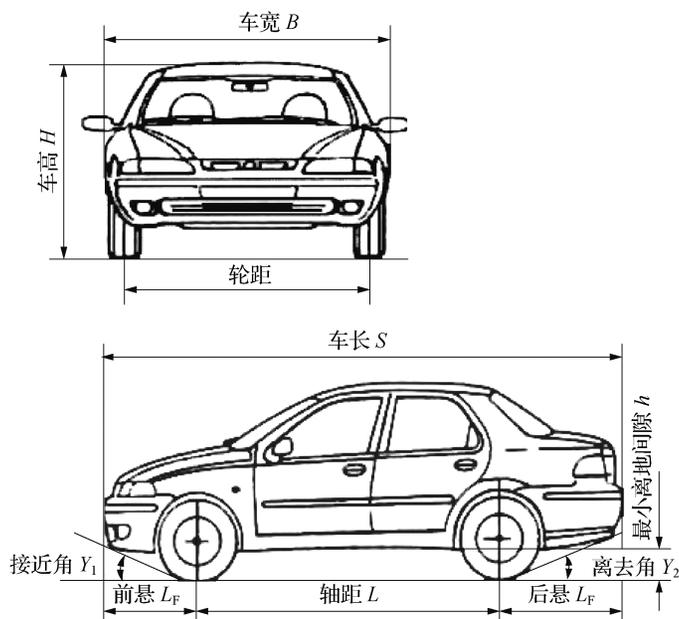


图 0-2 汽车的主要尺寸参数

#### (1) 轴距 $L$

轴距指车轴之间的距离。对双轴汽车，轴距就是前轴与后轴之间的距离；对三轴汽车，轴距是指前轴与中轴之间的距离和前轴与后轴之间的距离的平均值。

汽车轴距短，汽车总长就短，质量就小，最小转弯半径和纵向通过半径也小，机动灵活，一般普通轿车及轻型货车轴距较短。虽轴距短机动灵活，但轴距过短会导致车厢长度不



足或后悬过长，汽车行驶时纵向振动过大，汽车加速、制动或上坡时轴荷转移过大而导致其制动性和操纵稳定性变差，以及万向节传动的夹角过大等。所以一般货车、中高级轿车轴距都较长。

#### (2) 前、后轮轮距

汽车轮距对车宽、总质量、横向稳定性和机动性都有较大影响。轮距愈大，则悬架的角度愈大，汽车的横向稳定性愈好。但轮距过大，会使汽车的车宽和总质量过大。

#### (3) 汽车的外廓尺寸

汽车的外廓尺寸指车长  $S$ 、车宽  $B$  和车高  $H$ 。我国对公路车辆的限制尺寸是：车高不大于 4 m，车宽（不包括后视镜）不大于 2.5 m；总长对于载货汽车及越野汽车不大于 12 m，牵引汽车带半挂车不大于 16 m，汽车拖带挂车不大于 20 m，挂车不大于 8 m，大客车不大于 12 m，铰接式大客车不大于 18 m。

#### (4) 汽车的前悬和后悬 $L_F$ 、 $L_R$

汽车前悬：汽车前端至前轮中心之悬置部分。汽车前悬处要布置发动机、弹簧前支架、车身前部、保险杠和转向器等，要有足够的纵向布置空间。汽车前悬也不宜过长，以免使汽车的接近角过小而影响通过性。

汽车后悬：汽车后端至汽车后轮中心之悬置部分。汽车后悬长度主要与货厢长度、轴距及轴荷分配有关。汽车后悬也不宜过长，以免使汽车的离去角过小而引起上、下坡时刮地，同时转弯也不灵活。

## 2. 汽车的质量参数

汽车的质量参数主要包含汽车的装载质量、总质量、整备质量利用系数和轴荷分配等。

#### (1) 汽车的装载质量

乘用车：以座位数计算，包括驾驶员座位在内最多不超过 9 个座位；

商用车中的客车：以载客量计；

商用车中的载货汽车：以其在良好的硬路面上行驶时所装载货物质量的最大限额（t）计。超载将导致车辆早期损坏，制动距离变长，甚至造成交通事故。

#### (2) 汽车的整备质量

汽车的整备质量指汽车在加满燃料、润滑油、工作液（如制动液）及发动机冷却液并装备（随车工具及备胎等）齐全后（未载人载货时）的总质量。整备质量越小的汽车，燃油消耗越少，经济性越好。

#### (3) 汽车的总质量

汽车的总质量指已整备完好、装备齐全并按规定载满客、货时的汽车质量。

#### (4) 汽车的整备质量利用系数

汽车的整备质量利用系数指载货汽车的装载量与其整备质量之比。它表明单位汽车整备质量所承受的汽车装载质量。此系数越大表明该车型的材料利用率及设计与工艺水平越高。

#### (5) 汽车的轴荷分配

汽车的轴荷分配指汽车空载和满载时的整车质量分配到各个车轴上的百分比。它对汽车的牵引性、通过性、制动性、操纵性和稳定性等主要性能以及轮胎的寿命，都有很大的影响。



### 3. 动力性能

#### (1) 汽车的最高车速

汽车的最高车速指在水平良好路面（混凝土或沥青）上和规定载质量条件下汽车所能达到的最高车速（km/h），它是汽车的一个重要动力指标。目前普通轿车最高车速一般为 150~200 km/h。

#### (2) 汽车的加速时间

汽车的加速时间指汽车加速到一定车速所需要的时间。常用原地起步加速时间与超车加速时间表示。它也是汽车动力性能的重要指标。轿车常用 0~100 km/h 的换挡加速时间来评价，如普通轿车为 10~15 s。

#### (3) 汽车的爬坡性能

汽车的爬坡性能指汽车满载在良好路面等速行驶的最大爬坡度。一般要求在 30%（16.7°）左右。越野车要求更高，一般在 60%（31°）左右。

### 4. 经济性能——汽车的燃料消耗量

汽车的燃料消耗量通常以百公里油耗衡量，即汽车在良好的水平硬路面以一定载荷（轿车半载、货车满载）及最高挡等速行驶时的百公里燃料消耗量，单位为 L/（100 km）。它是汽车的燃料经济性常用的评价指标。

### 5. 制动性能——汽车的制动距离

汽车的制动距离指在良好的试验跑道上在规定的车速下紧急制动（在紧急制动时，踏板力对货车要求不大于 700 N，轿车要求不大于 500 N）时，由踩制动踏板起到完全停车时的距离。我国通常以 30 km/h 和 50 km/h 车速下的最小制动距离来评价汽车的制动效能。如普通轿车以 30 km/h 车速下的最小制动距离为 5.5~6.5 m，中型载货车为 6.5~8.0 m。

### 6. 通过性能

#### (1) 最小转弯半径

最小转弯半径指当方向盘转到极限位置、汽车以最低稳定车速转向行驶时，外侧转向轮的中心平面在支承平面上滚过的轨迹圆半径  $R$ 。它表征了汽车能够通过狭窄弯曲地面的能力。最小转弯半径越小，汽车的机动性越好。轿车的最小转弯半径一般为轴距的 2~2.5 倍。

#### (2) 汽车的最小离地间隙

汽车的最小离地间隙指在汽车满载、静止时，平直地面与汽车上的中间区域最低点之间的距离  $h$ 。它反映了汽车无碰撞地通过地面凸起的能力。

#### (3) 接近角 $\gamma_1$ 和离去角 $\gamma_2$

接近角  $\gamma_1$  指汽车在满载、静止时，前端突出点向前轮所引切线与地面间夹角。 $\gamma_1$  越大，越不易发生汽车前端触及地面的情况，汽车的通过性越好。

离去角  $\gamma_2$  指汽车在满载、静止时，后端突出点向后轮所引切线与地面间的夹角。 $\gamma_2$  越大，越不易发生汽车后端触及地面的情况，汽车的通过性越好。

#### (4) 纵向通过角 $\beta$

当汽车满载、静止时，垂直于汽车纵向中心平面，分别与前、后车轮轮胎相切，相交并



与车轮底盘刚性部件（除车轮）接触的两个平面形成的最小锐角。它决定了车辆所能通过的最陡坡道。 $\beta$ 越大，汽车通过性越好。

### 7. 汽车有害气体排放

汽车有害气体的排放主要有一氧化碳（CO）、碳氢化合物、氮氧化物、二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、醛类和微粒（含碳烟）等。

## 任务四 车辆识别代号

车辆识别代号 VIN，也称“17 位编码”，是制造厂给每一辆车指定的一组字码，在全世界范围内具有唯一识别性，如同人的身份证一样。VIN 代号将伴随着车辆的注册、保险、年检、维修与保养，直至回收或报废而载入每辆车的服务档案。利用 VIN 代码可方便地查找车辆的制造厂商及相关技术参数。

国际标准化组织制定了车辆识别代号的系列标准，我国 1996 年发布的《车辆识别代号 VIN 管理规则》明确规定 1999 年 1 月 1 日以后，所有生产厂生产的汽车必须使用车辆识别代号。

### 1. 作用与意义

车辆识别代号的作用与意义包括：

方便车辆管理部门：车管、保险等。

方便汽车修理部门：配件、车型年款等。

### 2. 安装位置

车辆识别代号应尽量位于车辆的前半部分、易于看到且能防止磨损或替换的位置。观察者不需移动任何的部件从车外即可分辨出车辆识别代号。

VIN 应粘贴在车辆部件上（玻璃除外），该部件除修理外是不可拆的；也可粘贴在永久性固定在上述车辆部件上的一块标牌上。

车辆识别代号的字码在任何情况下都应是字迹清楚，坚固耐久和不易替换的。

### 3. VIN 识别码的组成

VIN 识别码由三部分组成。

第一部分：世界制造厂识别代号（WMI）。

第二部分：车辆说明部分（VDS）。

第三部分：车辆指示部分（VIS）。

（1）世界制造厂识别代号（WMI）

WMI 由 3 位字码组成。

第一位字码：地理区域的字母或数字。



第二位字码：汽车制造商代码。

第三位字码：汽车类型代码。

#### (2) 车辆说明部分 (VDS)

VDS 由 6 位字码组成。

VDS 提供说明车辆一般特性的资料：发动机、车身等特点。

#### (3) 车辆指示部分 (VIS)

VIS 由 8 位字码组成，即 PVIN 别码的第 10~第 17 位。

第一位字码指示年份 (17 位中第 10 位，见表 0-3 所列)。

表 0-3 指示年份的字码

年份	代码	年份	代码	年份	代码	年份	代码
1971	1	1981	B	1991	M	2001	1
1972	2	1982	C	1992	N	2002	2
1973	3	1983	D	1993	P	2003	3
1974	4	1984	E	1994	R	2004	4
1975	5	1985	F	1995	S	2005	5
1976	6	1986	G	1996	T	2006	6
1977	7	1987	H	1997	V	2007	7
1978	8	1988	J	1998	W	2008	8
1979	9	1989	K	1999	X	2009	9
1980	A	1990	L	2000	Y	2010	A

(I, O, U, Z, Q 除外，1971 年为 1，1980 年为 A，该年份字码，每 30 年循环一次)

#### 4. 基本要求

每一辆汽车、挂车、摩托车和轻便摩托车都必须有车辆识别代号。

30 年内生产的任何车辆 VIN 不得相同。

VIN 中仅能采用下列阿拉伯数字和大写罗马字母：1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F G H J K L M N P R S T U V W X Y Z (字母 I、O、Q 不能使用)。

VIN 文件上表示时应写成一，且不要有空格，打印在车辆上或车辆标牌上时也应标示在一行，每行的开与终止外应选用一个分隔符表示。

车辆识别代号的字码在任何情况下都应是字迹清楚，坚固耐用和不易替换的。

VIN 若直接打印在汽车和挂车 (车架、车身等部件上)，至少高应为 7mm；其他情况高至少应为 4mm。

#### 5. 实例

本田 HondaVIN: JHMCB7667LC868138

第一位：代表生产国家，例如：1 代表美国，2 代表加拿大，J 代表日本，W 代表德国等等。



第二位：代表生产厂家，例如：H 代表 Honda 本田，T 代表 Toyota 丰田，F 代表 Ford 福特，G 代表 GM 通用等等。

第三位：代表车种，例如：M 代表日本生产的本田乘用车。

第四、五、六位：代表车型、发动机号和出口国家。

第七位：代表车身和变速箱类型，例如：6 代表四门房车四速自动挡。

第八位：代表车辆型号档次。

第九位：代表 VIN 检验数代码。

第十位：代表车辆的年份。

第十一位：代表总组装厂。

第十二一十七位：代表厂家生产顺序号码。



### 复习题

1. 汽车是如何定义的？
2. 现代汽车由哪几部分组成？
3. 现代汽车是如何分类的？
4. 汽车的质量参数有哪些？





# 项目一

## 发动机构造与维修基础知识



### 任务引入

发动机是汽车的核心部件，发动机的性能直接决定整车的性能指标，如燃油经济性、动力性、舒适性以及排放等。汽车故障的分析、诊断和排除是对发动机工作状态从宏观到微观，层层剖析，直接查找出故障具体部位的过程。因此，要学会汽车的故障分析、判断故障所在，必须掌握发动机的总体构造。发动机的性能指标是判断发动机性能高低的依据，也是判断汽车整车性能的基本依据，无论是从事汽车检测维修等较复杂的技术职业，还是从事与汽车相关的汽车贸易、汽车驾驶等应用性职业，都必须了解发动机的性能指标，并进行比较分析。现代汽车维修和服务行业广泛推广标准化操作、规范化管理的国际成功经验，汽车服务流程标准是汽车维修企业基本的标准之一，作为未来从事汽车服务工作的人，必须理解并认真学习执行。

### 任务分析

本任务是以认识汽车发动机的总体构造、工作原理、性能指标、汽车故障诊断基础知识以及汽车维修流程为核心。汽车发动机结构复杂，我们在学习中应采取由表及里、从大到小等循序渐进方法，首先从发动机的作用、工作过程、系统组成等整体上进行理解和掌握，进而了解工作原理、分析性能。

### 相关知识

## 任务一 发动机的总体构造

### 一、发动机的总体构造

发动机是很多机构和系统组成的复杂机械，随着现代汽车电控化的发展，发动机的结构型式越来越多，即使是同一类型的发动机，其具体结构也有区别，但无论哪种类型的发动机，其基本结构都是相似的。下面以汽油发动机为例，介绍发动机的总体构造。

汽油机通常由两大机构、五大系统组成。

#### 1. 汽油发动机的两大机构

汽油发动机的两大机构主要包括：曲柄连杆机构和配气机构。

曲柄连杆机构主要由缸盖、缸体、油底壳、活塞、连杆、曲轴及飞轮等组成。其作用是实现功能转换。



配气机构主要由进气门、排气门、气门弹簧、挺杆、推杆、摇臂、凸轮轴、凸轮轴传动机构等组成。其作用是适时开关进气门、排气门，以便可燃混合气能及时进入汽缸、废气能及时从缸内排出。

## 2. 汽油发动机的五大系统

汽油发动机的五大系统包括：燃供给系统、点火系统、冷却系统、润滑系统、启动系统

燃料供给系统：主要由汽油箱、汽油滤清器、汽油泵、喷油器、空气滤清器、进气管、排气管、排气消声器等组成，现在汽车燃料供给系去掉化油器使用电子控制系统。电控燃油喷射系统由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统组成，其作用是将汽油和空气混合成一定数量和一定浓度的混合气供入汽缸，并将着火燃烧后的废气从发动机排出。

点火系统：点火系的功用是根据发动机的工作需要，及时地点燃汽缸内的混合气。按对点火时刻的控制方式不同，点火系可分为传统点火系、普通电子点火系和电控点火系。传统点火系主要由分电器总成、点火线圈、火花塞等组成；普通电子点火系利用电子点火器控制点火时刻；电控点火系是一种全电子点火系，完全取消了机械装置，由电控系统来控制点火时刻。

冷却系统：主要由水泵、散热器、冷却水套、风扇、节温器等组成。其作用是把受热机件感受的多余热量散发到大气中去，以保证发动机在正常温度下工作。

润滑系统：主要由机油泵、集滤器、润滑油道、机油粗滤器、机油细滤器、限压阀等组成。其主要功用是将机油送到各摩擦副间，以减少它们之间的摩擦与磨损。

启动系统：主要由启动机及其附属装置等组成。其功用是启动发动机，使发动机由静止状态进入正常工作状态。

## 二、发动机的分类

发动机是汽车的“心脏”，是汽车行驶的动力源，汽车发动机是将燃料燃烧的热能转变为机械能的热力发动机。热力发动机可分为外燃机和内燃机。燃料在外部燃烧，燃烧的热能通过其他介质转变为机械能的称为外燃机，如蒸汽机等。燃料在内部燃烧，燃烧的热能直接转变为机械能的称为内燃机，如汽油机和柴油机等。现代汽车发动机一般都属内燃机。

汽车用内燃机种类很多，可以按不同特征加以分类，常用的分类方法如下。

### 1. 按使用燃料分类

按使用燃料不同，可分为柴油机、汽油机，现在还出现了CNG发动机、LPG发动机、双燃料发动机、乙醇发动机、乙醚发动机等。

### 2. 按活塞运动方式分类

按活塞运动方式不同，汽车用内燃机可分为往复式活塞式发动机和旋转活塞式发动机。现代汽车发动机多采用往复式活塞式发动机。

往复式活塞式发动机按完成一个循环的冲程数分四冲程发动机和二冲程发动机。

四冲程发动机活塞移动四个行程或曲轴转两圈（ $720^\circ$ ）发动机完成一个工作循环。

二冲程发动机活塞移动两个行程或曲轴转一圈（ $360^\circ$ ）发动机完成一个工作循环。



### 3. 按冷却方式分类

按冷却方式分类可分为：水冷式发动机和风冷式发动机。

水冷式发动机利用汽缸体和汽缸盖的冷却水套中循环的冷却液作为冷却介质。水冷发动机冷却均匀、工作可靠冷却效果好，被广泛应用于现代汽车发动机中。

风冷式发动机利用流动于汽缸体与汽缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却。

### 4. 按点火方式分类

按点火方式分类可分为：压燃式发动机和点燃式发动机。

压燃式发动机利用汽缸内空气被压缩后产生的高温，使燃油自燃，如柴油机等。

点燃式发动机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、煤气机等。

### 5. 按进气方式分类

按进气方式分类可分为：非增压发动机和增压发动机。

非增压发动机又叫“自然吸气式发动机”：空气靠活塞的自然抽吸作用进入汽缸内。

增压式发动机为增大功率，在发动机上装有增压器，使进入汽缸的气体预先经过压气机压缩后再进入汽缸。增压发动机的压力明显高于非增压发动机，动力大大增大，经济性明显提高。

### 6. 按汽缸数目分类

按汽缸数目分类可分为：单缸发动机和多缸发动机。

单缸发动机只有一个汽缸。

多缸发动机按汽缸的排列形式又可分为下面几种。

- ①直列立式发动机：所有汽缸中心线在同一垂直平面内。
- ②直列卧式发动机：所有汽缸中心线在同一水平平面内。
- ③V形发动机：汽缸中心线分别在两个平面内，且两平面相交呈V形。当两平面相交角度达到 $180^\circ$ 时又称“对置式发动机”。
- ④其他形式的还有H形，X形、星形等，但在车辆上应用得很少。

## 任务二 发动机的工作原理

### 一、四冲程汽油机的基本结构

如图1-1所示，单缸四冲程汽油机由油路、进气门、火花塞、排气门、凸轮轴、气门弹簧、汽缸盖、活塞、汽缸、连杆、曲轴、曲轴箱、喷油器、空气滤清器等组成。



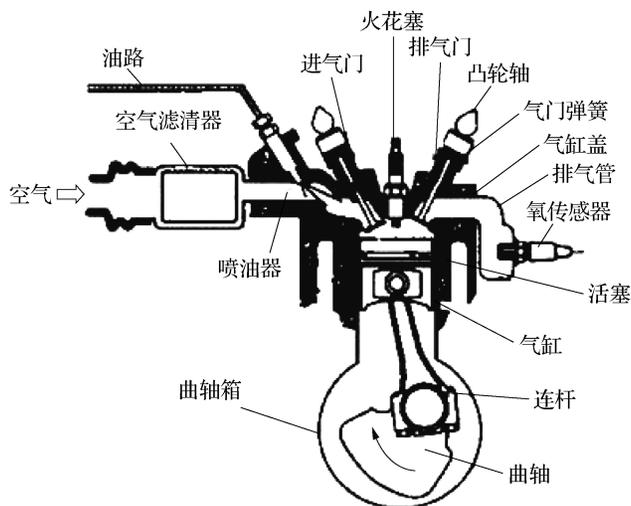


图 1-1 单缸四冲程汽油机构造示意图

## 二、发动机的基本术语

如图 1-2 所示为发动机的简单工作示意图，活塞在汽缸内做往复直线运动，曲轴在曲轴箱内做旋转运动。

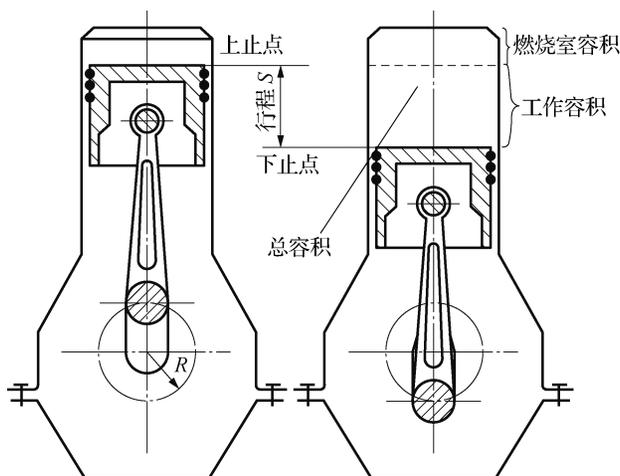


图 1-2 发动机的简单工作示意图

### 1. 上止点

活塞在汽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位置，称为上止点。

### 2. 下止点

活塞在汽缸里作往复直线运动时，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  $180^\circ$ 。

### 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. 汽缸工作容积

活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的空间容积，称为汽缸工作容积。一般用  $V_h$  (L) 表示，即

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

式中： $D$ ——汽缸直径 (mm)；

$S$ ——活塞行程 (mm)。

### 6. 燃烧室容积

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

### 7. 汽缸总容积

活塞位于下止点时，其顶部与汽缸盖之间的容积称为汽缸总容积。一般用  $V_a$  表示，显而易见，汽缸总容积就是汽缸工作容积和燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_c + V_h$$

式中： $V_a$ ——汽缸总容积 (L)；

$V_h$ ——汽缸工作容积 (L)；

$V_c$ ——燃烧室容积 (L)。

### 8. 发动机排量

多缸发动机各汽缸工作容积的总和，称为发动机排量。一般用  $V_L$  表示，即

$$V_L = iV_h$$

式中： $V_h$ ——汽缸工作的容积 (L)；

$i$ ——汽缸数目。

### 9. 压缩比

压缩比是发动机中一个非常重要的参数，压缩比表示了汽缸内气体被压缩的程度，它是气体压缩前的体积与气体压缩后的体积的比值，即汽缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比。一般用  $\epsilon$  表示。

通常汽油机的压缩比为  $6\sim 10$ ，柴油机的压缩比较高，一般为  $16\sim 22$ ；增压发动机的压缩比可以更高。

### 10. 工作循环

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，即完成进气、压缩、做功和排气四个过程叫一个工作循环。



### 三、发动机的简单工作原理

#### 1. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的运转是按进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程的顺序不断循环反复的，如图 1-3 所示。

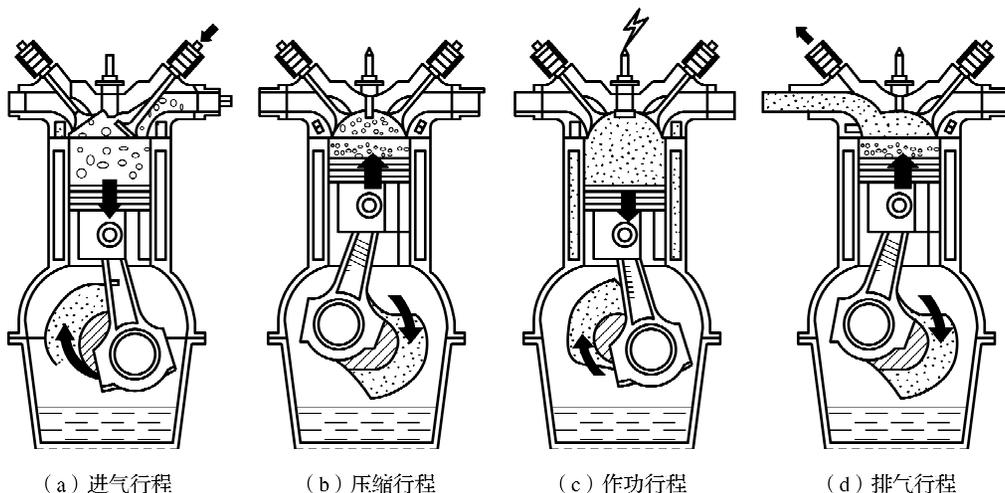


图 1-3 单缸四冲程汽油机工作原理

##### (1) 进气行程

活塞从上止点向下止点运动，进气门打开，如图 1-3 (a) 所示。进气过程开始时，活塞位于上止点，汽缸内残存有上一循环未排净的废气，因此，汽缸内的压力稍高于大气压力。随着活塞下移，汽缸内容积增大，压力减小，当压力低于大气压时，在汽缸内产生真空吸力，空气经空气滤清器并与喷油器供给的汽油混合成可燃混合气，通过进气门被吸入汽缸，直至活塞向下运动到下止点。

在进气过程中，受空气滤清器、空气流量计、进气管道、进气门等阻力影响，进气终了时，汽缸内气体压力略低于大气压，为  $0.075 \sim 0.090 \text{ MPa}$ ，同时受残余废气和高温机件加热的影响，温度达到  $370 \sim 400 \text{ K}$ 。实际汽油机的进气门在活塞到达上止点之前打开，并且延迟到下止点之后关闭，以便吸入更多的可燃混合气。

##### (2) 压缩行程

曲轴继续旋转，活塞从下止点向上止点运动，这时进气门和排气门都关闭，汽缸内成为封闭容积，可燃混合气受到压缩，压力和温度不断升高，当活塞到达上止点时压缩行程结束，如图 1-3 (b) 所示。此时，气体的压力和温度主要随压缩比的大小而定，可燃混合气压力可达  $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ，温度可达  $600 \sim 700 \text{ K}$ 。压缩比越大，压缩终了时，汽缸内的压力和温度越高，则燃烧速度越快，发动机功率也越大。

但压缩比太高，容易引起爆燃。所谓爆燃就是由于气体压力和温度过高，可燃混合气在没有点燃的情况下自行燃烧，且火焰以高于正常燃烧数倍的速度向外传播，造成尖锐的敲缸声。会使发动机过热，功率下降，汽油消耗量增加以及机件损坏。轻微爆燃是允许的，但强烈爆燃对发动机是有害的，汽油机的压缩比  $\epsilon$  一般为  $6 \sim 10$ 。



### (3) 做功行程

做功行程包括燃烧过程和膨胀过程两个过程，在这一行程中，进气门和排气门仍然保持关闭，如图 1-3 (c) 所示。当活塞位于压缩行程接近上止点（即点火提前角）位置时，火花塞产生电火花点燃可燃混合气，可燃混合气燃烧后放出大量的热使汽缸内气体温度和压力急剧升高，最高压力可达  $3\sim 5\text{ MPa}$ ，最高温度可达  $2\ 200\sim 2\ 800\text{ K}$ ，高温高压气体膨胀，推动活塞从上止点向下止点运动，通过连杆使曲轴旋转并输出机械功，除了用于维持发动机本身继续运转外，其余用于对外做功。随着活塞向下运动，汽缸内容积增加，气体压力和温度降低，当活塞运动到下止点时，做功行程结束，气体压力降低到  $0.3\sim 0.5\text{ MPa}$ ，气体温度降低到  $1\ 300\sim 1\ 600\text{ K}$ 。

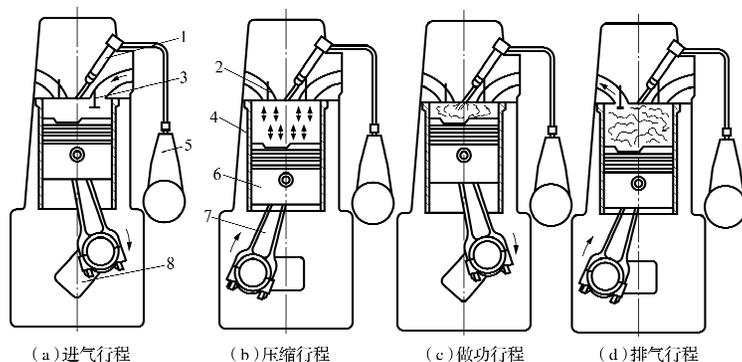
### (4) 排气行程

可燃混合气在汽缸内燃烧后生成的废气必须从汽缸中排出去以便进行下一个进气行程。当做功接近终了时，排气门开启，进气门仍然关闭，靠废气的压力先进行自由排气，活塞到达下止点再向上止点运动时，继续把废气强制排出到大气中去，活塞越过上止点后，排气门关闭，排气行程结束，如图 1-3 (d) 所示。实际汽油机的排气行程也是排气门提前打开，延迟关闭，以便排出更多的废气。由于燃烧室容积的存在，不可能将废气全部排出汽缸。受排气阻力的影响，排气终止时，气体压力仍高于大气压力，为  $0.105\sim 0.115\text{ MPa}$ ，温度为  $900\sim 1\ 200\text{ K}$ 。

曲轴继续旋转，活塞从上止点向下止点运动，又开始了下一个新的循环过程。可见四冲程汽油机经过进气、压缩、做功、排气四个行程完成一个工作循环，这个期间活塞在上、下止点往复运动了四个行程，相应地曲轴旋转了两圈。

## 2. 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机和四冲程汽油机一样，每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气四个行程组成的。但由于柴油机使用的燃料是柴油，其黏度比汽油大，不易蒸发，其自燃温度却比汽油低，故可燃混合气的形成及着火方式等与汽油机有很大区别。单缸四冲程柴油机的工作原理如图 1-4 所示。



1—喷油器；2—排气门；3—进气门；4—汽缸；5—喷油泵；6—活塞；7—连杆；8—曲轴。

图 1-4 单缸四冲程柴油机工作原理

### (1) 进气行程

在柴油机进气行程中,进入汽缸的是纯空气。由于柴油机进气阻力较小,残余废气的温度较低,因此进气行程结束时汽缸内气体的压力较高,为 $0.085\sim 0.095\text{ MPa}$ ,温度为 $310\sim 340\text{ K}$ 。

### (2) 压缩行程

柴油机压缩的是纯空气,且由于柴油机压缩比高,压缩终了的温度和压力都比汽油机高,压力可达 $3\sim 5\text{ MPa}$ ,温度可达 $800\sim 1\ 000\text{ K}$ 。

### (3) 做功行程

做功行程与汽油机有很大不同,在柴油机压缩行程接近终了时,喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入汽缸内的高温空气中,迅速汽化并借助于空气的涡流运动,与空气形成可燃混合气。此时,汽缸内的温度远高于柴油的自燃温度(约 $500\text{ K}$ ),柴油立即自行着火燃烧,且此后一段时间内边喷油边燃烧,汽缸内的压力、温度急剧升高,推动活塞下行做功。

在此行程中,瞬时压力可达 $6\sim 10\text{ MPa}$ ,瞬时温度可达 $1\ 800\sim 2\ 200\text{ K}$ ;做功行程终了时,压力为 $0.2\sim 0.4\text{ MPa}$ ,温度约为 $1\ 200\sim 1\ 500\text{ K}$ 。

### (4) 排气行程

柴油机的排气行程与汽油机的基本相同。当排气终了时,汽缸的内压力为 $0.105\sim 0.12\text{ MPa}$ ,温度为 $800\sim 1\ 000\text{ K}$ 。

从上述两种发动机的工作循环可知:在四个行程中,只有做功行程产生动力,其他三个行程是为做功行程做准备工作的辅助行程。在发动机运转的第一个循环时,必须有外力使曲轴旋转完成进气、压缩行程。发动机完成做功行程后,可依靠曲轴和飞轮储存的能量自行完成三个辅助行程,使发动机工作循环不断地持续下去。

## 四、多缸发动机的工作

前面介绍的是单缸发动机的工作过程,而现代汽车发动机都是多缸四冲程发动机,多缸四冲程发动机与单缸四冲程发动机的工作过程相比,发动机的每一个汽缸和单缸机的工作过程是完全一样的,都要经过进气、压缩、做功和排气四个行程。

但是单缸发动机的四个行程中只有一个行程做功,其余三个行程不做功,即曲轴转两圈,只有半圈做功,所以功率越大,运转平稳性就越差。为了使运转平稳,单缸机一般都装有一个大飞轮。而多缸发动机的做功行程是依次轮流的,按照工作顺序做功,即曲轴转两圈交替做功,因此,运转平稳,振动小,不需要装大飞轮。缸数越多,做功间隔角越小,同时参与做功的汽缸越多,发动机运转越平稳。多缸机使用得较多的有四缸发动机,六缸发动机和八缸发动机。

为了使发动机运转平稳,除少数发动机因结构限制外,各缸做功间隔角大都均等。如四冲程六缸发动机各缸做功间隔角为

$$\varphi = \frac{720^\circ}{6} = 120^\circ$$

即曲轴每转 $120^\circ$ 就有一个汽缸做功,各缸做功行程略有搭接,这样发动机运转较单缸发动机



平稳得多。另外，由于各缸的做功行程为其他缸的准备行程提供动力，所以贮存能量的飞轮也较单缸发动机小得多。

多缸发动机各缸做功行程发生的顺序，称为发动机的工作顺序或点火顺序，如图 1-5 所示。

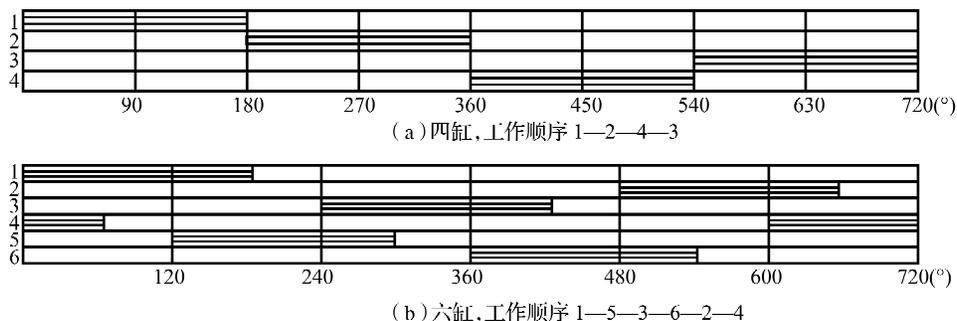


图 1-5 四缸、六缸发动机的点火顺序和做功重叠示意图

## 任务三 发动机的性能指标

发动机的性能指标主要有动力性能指标、经济性能指标，还有可靠性能指标、运转性能指标、耐久性能指标等。这些性能指标可以评价发动机性能的好坏。发动机按性能指标建立的条件不同，又分为指示性能指标和有效性能指标。

### 一、指示性能指标

指示性能指标是用来评定实际循环质量的好坏，它以工质在汽缸内对活塞做功为基础，用指示功、平均指示压力和指示功率评定循环的动力性——即做功能力。用循环热效率及燃油消耗率评定循环经济性。

#### 1. 循环指示功 $W_i$ 和平均指示压力 $p_{mi}$

##### (1) 循环指示功 $W_i$

在汽缸内完成一个工作循环，工质对活塞所作的功，称为指示功，用  $W_i$  表示。其大小可由如图 1-6  $p$ - $V$  图中闭合曲线包围的面积  $A_i$ ，则发动机的指示功可由下式求出

$$W_i = abA_i \text{ (kJ)}$$

式中： $A_i$ ——示功图中指示功面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$a$ ——示功图横坐标比例尺；

$b$ ——示功图纵坐标比例尺。



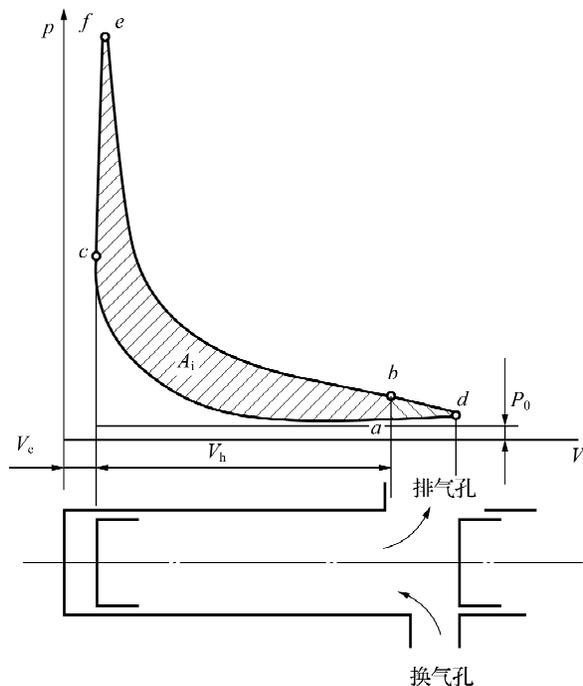


图 1-6 循环指示功示意图

指示功  $W_i$  虽然能表明发动机汽缸在一个工作循环中所获得的有用功多少和循环中热功转换的有效程度,但由于与汽缸工作容积有关,对不同规格、不同形式的发动机,用指示功难以评价各类发动机工作循环进行的好坏,为了便于评定不同发动机循环进行的好坏,引入了平均指示压力的概念。

### (2) 平均指示压力 $p_{mi}$

平均指示压力是指一个循环所作的指示功与汽缸工作容积  $V_h$  之比,即

$$p_{mi} = W_i / V_h \quad (\text{kPa})$$

它表示发动机单位汽缸工作容积的指示功。显然,平均指示压力  $p_{mi}$  越大,表示发动机的工作循环进行得越好,汽缸工作容积利用程度越高。

$p_{mi}$  值的一般范围是:汽油机 800~1 500 kPa;柴油机 700~1 100 kPa;增压柴油机 1 000~2 500 kPa。

### 2. 指示功率 $P_i$

发动机单位时间所做的指示功,称为发动机的指示功率,用  $P_i$  表示。

设某台发动机的汽缸数为  $i$ ,每缸工作容积为  $V_h$  (L),转速为  $n$  (r/min),平均指示压力为  $p_{mi}$  (kPa),则每缸、每循环工质的指示功为

$$W_i = p_{mi} V_h \quad (\text{kJ})$$

发动机指示功率为

$$P_i = \frac{W_i}{t} = \frac{W_i n}{60} \cdot \frac{2}{\tau} = \frac{p_{mi} \cdot V_h n}{30\tau} \quad (\text{kW})$$

式中,  $\tau$  ——冲程数,四冲程  $\tau=4$ ,二冲程  $\tau=2$ 。

### 3. 指示热效率 $\eta_i$

指示热效率是发动机实际循环指示功与所消耗燃料的热量之比,即



$$\eta_i = \frac{W_i}{Q_1}$$

式中， $Q_1$ ——指示功  $W_i$  所消耗燃料的热量。

#### 4. 指示燃油消耗率 $b_i$

指示燃油消耗率是指单位指示功的耗油量。通常以每千瓦小时指示功的耗油量表示。

当测得发动机是指示功率为  $P_i$  (kW)，每小时耗油量为  $B$  (kg/h) 时。则指示燃油消耗率为

$$b_i = \frac{B}{P_i} \times 10^3 \quad (\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$$

这时

$$\eta_i = \frac{3.6 \times 10^3 P_i}{BH_u}$$

式中： $3.6 \times 10^3$  为  $1\text{kW} \cdot \text{h}$  热功当量，即  $1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^3 \text{kJ}$ ； $H_u$  为燃料的低热值，单位为  $\text{kJ/kg}$ 。

## 二、有效性能指标

以发动机曲轴输出功率为基础的性能指标称为发动机的有效指标。有效性能指标可用来评价整个发动机性能的好坏，它比指示指标更有实用价值。其中，评价动力性的有效指标包括有效功率、有效转矩及平均有效压力。评价经济性能指标用有效热效率及有效燃油消耗率。

### 1. 有效功率 $P_e$

有效功率指发动机通过曲轴对外输出的功率。发动机单位时间所做的指示功不可能完全通过曲轴向外输出，因为发动机自身有功率消耗，故发动机的有效功率必小于指示功率。其差值等于机械损失功率  $P_m$ ，即

$$P_e = P_i - P_m$$

当  $P_i = P_m$  时，有效功率为 0，发动机空转，发动机发出的功率全部用于自身的消耗。发动机的有效功率可由试验测得。

### 2. 有效转矩 $M_e$

有效转矩是发动机通过曲轴对外输出的转矩，可由测功机直接测得。再根据转速表得出发动机的转速。可利用下列公式计算有效功率

$$P_e = M_e \frac{2\pi n}{60} \times 10^{-3} = \frac{M_e \cdot n}{9550} \quad (\text{kW})$$

式中： $M_e$ ——有效扭矩 ( $\text{N} \cdot \text{m}$ )。

### 3. 有效热效率 $\eta_e$

有效热效率是实际循环的有效功与得到此有效功所消耗的热量之比，即

$$\eta_e = \frac{W_e}{Q_1}$$

当测出发动机有效功率和每小时耗油量之后，可利用下式计算出  $\eta_e$  的值：

$$\eta_e = \frac{3.6 \times 10^3 P_e}{BH_u}$$



#### 4. 有效燃油消耗率 $g_e$

用每小时单位有效功率所消耗的燃料来表示有效燃油消耗率  $g_e$ ，即

$$g_e = \frac{B}{P_e} \times 10^3 \quad [\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$$

## 任务四 发动机维修基础知识

发动机是汽车的动力装置，是汽车的重要组成部分，其技术性能的好坏，直接影响整车技术性能的发挥。为了保持发动机良好的技术状况，延长发动机的使用寿命，必须进行必要的维护和修理。发动机维修和整车维修的基本要求、基本方法是相同的。本节主要介绍与汽车维修相关的基本概念。

### 一、汽车维修基本概念

汽车维修包括汽车维护和汽车修理，汽车维护和汽车修理是性质不同的两种技术措施。汽车维护的目的是采用相应的技术措施保持车容整洁，减少零件磨损，防止故障发生，延长汽车使用寿命。汽车修理的目的是排除汽车已经发生的故障，更换或修复已经损坏的零件，恢复汽车良好的使用状况、工作能力，延长使用寿命。

### 二、汽车维护基础知识

#### 1. 汽车维护的分类

汽车维护是对汽车采取的预防性技术措施，维护作业的内容和时机按预先规定的计划执行，其目的是为了预防故障发生和维持汽车的工作能力。汽车维护分为例行维护和计划维护。

例行维护的内容和时机与汽车行驶里程无关，包括日常维护、停驶维护、换季维护和走合期维护。计划维护的内容和时机与汽车行驶里程有关，包括一级维护和二级维护等。在计划维护中，维护作业按计划强制执行的称为定期维护；如果维护作业按定期检查的结果按需执行的称为按需维护。

#### 2. 汽车定期维护作业的基本内容

##### (1) 日常维护的中心内容与主要内容

驾驶员负责执行日常性车辆维护作业。其作业中心内容是清洁、补给和安全检视。其主要内容是：

坚持“三检”，即在出车前、行车中、收车后，对汽车制动、转向、传动、悬挂、灯光、信号等部位和发动机进行检视、校紧，以确保行车安全。

保持“四清”，即保持发动机外表面、空气滤清器、燃油滤清器和蓄电池的清洁。



防止“四漏”，即对润滑油（脂）、燃油、冷却液、各种工质、轮胎气压进行检视并视情补给，防止出现漏水、漏油、漏气、漏电等情况。

对汽车外观进行清洁，保持车容整洁。

驾驶员每次出车前都要按照日常维护的内容对车辆进行认真检查，以减少发生运行性故障，保证安全、及时、可靠地将客、货运送到目的地，完成运输任务。

### （2）一级维护作业的中心内容

一级维护作业的中心内容由维修企业负责执行。其作业中心内容除日常维护作业外，以清洁、润滑、坚固为主，并检查有关制动、操纵等安全部件。

### （3）二级维护作业的中心内容

二级维护作业的中心内容由维修企业负责执行。其作业中心内容除一级维护作业外，以检查和调整转向节、转向节臂、制动蹄片、悬架等经过一定时间的使用，容易磨损或变形的安全部件为主，并拆检轮胎，进行轮胎换位，检查高速发动机工作状况和排气污染控制装置等。

## 3. 汽车非定期维护作业的基本内容

### （1）走合期维护：汽车在走合期实施的维护

走合期维护也称“首次维护”，是新车或大修后的车辆行驶里程达到 4 000~5 000 km 的磨合期后进行的第一次维护。首次维护须在指定的品牌轿车服务站进行，其基本内容有下面几方面。

检查发动机、变速器和差速器各部位是否有渗漏，若有，予以排除。

更换发动机机油滤清器及发动机机油。

检查冷却液、制动液、风窗洗涤液、蓄电池电解液（非免维护蓄电池）、动力转向液（装备动力转向车型）等的液面及有无泄漏。若液面过低，予以添加；若有泄漏，则予以修理。

检查三角臂及球头、连接植球头、三角臂弹性铰接有无损坏，球头有无松旷，若有，予以修理或更换。

检查传动轴防尘套有无破损，若有，予以更换。

检查转向机构、前后减振器有无漏油现象，若有予以修理。

检查轮胎气压，前轮为 220 kPa，后轮为 210 kPa。

检查自诊断系统内存是否有故障码储存（电喷发动机车型和装备自动变速器、ABS 车型），若有，按故障码所示排除故障后清除故障码。

### （2）季节维护：使汽车适应季节变化而实施的维护

其主要作业内容见表 1-1 所列。



表 1-1 季节维护主要作业内容

夏季维护	拆除发动机附加的保温罩及启动预热装置，检视百叶窗能否全开
	清除发动机水套和散热器内的水垢，测试节温器性能
	放出发动机油底壳、变速器、减速器、转向器等各总成内的润滑油，清洗后加注夏季用油
	清洗燃料系的燃油箱、滤清器、汽油机的喷油器、柴油机的泵-喷嘴系统和所有管路，调整柴油机的泵-喷嘴系统；进排气歧管上有预热装置的应调整至“夏”字位置
	汽油机要调整火花塞间隙（适当增大）
	调整蓄电池电解液密度（适当降低）；校正发电机调节器，适当降低充电电流、电压
	采取防暑降温措施
冬季维护	安装发动机附加保温罩及启动预热装置；采取防寒、防冻、防滑等保护措施
	测试节温器效能
	发动机和底盘各总成均换用冬季用润滑油
	清洗燃料系各总成部件和管路，清洗喷油器或泵-喷嘴系统；有预热器装置的调整到“冬”字位置
	相应的调整发电机调节器，适当增大充电电流、电压，并适当减小火花塞电极间隙；调整蓄电池电解液的密度（适当增大）

### 三、汽车修理基础知识

#### 1. 汽车修理的分类

汽车修理分为汽车大修、汽车小修、总成修理、零件修理四个部分。其详细内容见表 1-2 所列。

表 1-2 汽车维修分类

汽车大修	修理或更换汽车任何零部件的方法，接近完全地恢复汽车原有的技术状况的恢复性修理
汽车小修	更换或修理个别零件的方法，维持或修复汽车工作能力的运行性修理，主要是消除汽车在运行阶段中出现的故障或在维护作业中发现的故障隐患
总成修理	为恢复汽车总成完好技术状况、工作能力而进行的作业
零件维修	对已损伤的任何零件，在符合经济性原则的前提下，运用各种加工工艺，恢复零件的形状、结构或尺寸及力学性能的作业

#### 2. 汽车零件的清洗

根据清洗零件的不同，可以使用不同的清洗方法，主要有蒸汽清洗、化学清洗、金属清洗剂 and 积碳的清洗。其详细内容见表 1-3 所列。



表 1-3 汽车零件的清洗方法

机械清洗	用煤油、柴油作清洗剂，用钢丝刷洗涤，油泥沉渣透过网筛漏入槽底。零件清洗晾干，或用压缩空气吹干
蒸汽清洗	主要用于汽车上的基础件，如缸体、变速箱、主减速器等油垢多而且笨重的部件，采用蒸汽清洗效率高，洗涤质量好
化学清洗	以酸、碱类化工产品为清洗液进行洗涤。对锈斑、水垢有较好的清除效果，但其腐蚀作用强，有色金属和非金属制品不宜采用
金属清洗剂的清洗	金属清洗剂有表面活性剂与添加的清洗助剂（如碱性盐）、防锈剂、消泡剂、香料等。其主要对汽车零件有油泥、水垢、积碳、锈迹等固相油污及润滑油、脂的残留物等液态油污的清洗
积碳的清洗	积碳的成分很复杂，其中以不易挥发的成分居多，如沥青、焦油等。发动机工作温度越高，不易挥发成分的含量越高，则生成的积碳层越坚硬，与金属的结合也越牢固。通常采用机械方法或化学溶液软化溶解后清除

### 3. 汽车零件的修复方法

汽车零件的修复方法有很多种，可根据零件缺陷的特征和修复成本核算选用相应的修复方法。常用零件修复方法有机械加工修复法、压力加工修复法、焊接修复法和黏结修复法。

#### (1) 机械加工修复法

金属零件表面的切削加工称为机械加工。机械加工包括了车、磨、刨、铣等加工工艺，也包括了钳工操作的锯、锉、钻、铰、刮削和研磨等手工加工工艺。通过机械加工的方法使已磨损的零件恢复正确的几何形状和配合特性的修复方法称为机械加工修复法。其常用的有修理尺寸法和镶套修理法。

修理尺寸法是对配合件较重要的零件按规定的修理尺寸加大或减小，再选配具有相同修理尺寸的另一零件与之配合以消除其工作表面的损伤和几何形状误差的修理方法。

新车出厂必须是标准尺寸。新车在使用后，当零件磨损到不能使用时，需拆下后修理，并加工到最接近的一级修理尺寸，才能继续使用；在零件第二次修理时，又加工到另一个最接近的一级修理尺寸，再继续使用，如此逐步加工到最后一级的修理尺寸。

镶套修理法是对零件磨损部位进行机械加工整形后，再按过盈配合镶入一金属套以恢复零件基本尺寸的修理方法。只要零件修复后的强度和结构允许，普通磨损零件均可采用镶套法修复。

#### (2) 压力加工修复法

通过对零件施加外力，利用材料的塑性变形恢复零件损伤部位的尺寸和形状的修复方法称为压力加工修复法。

#### (3) 焊接修复法

利用电弧或气体火焰的热量将零件损伤部位局部和焊条熔化并溶合，以填补零件的磨损部位或连接断裂零件的修复方法称为焊接修复法。

#### (4) 黏结修复法

使用黏结剂粘补或连接断裂零件的修复方法称为黏结修复法。



## 四、汽车故障诊断基础知识

### 1. 汽车故障的定义

汽车故障是指汽车部分或完全丧失工作能力的现象，是汽车零件本身以及零件之间配合状态发生了异常的变化。

按丧失工作能力的程度，汽车故障可分为局部故障和完全故障。局部故障是指汽车部分丧失工作能力，即仅导致汽车性能降低但仍能行驶的故障，如发动机冒黑烟、加速不良等。完全故障是指汽车完全丧失工作能力，导致汽车不能行驶的故障，如发动机不能启动、制动失效等。

### 2. 汽车故障的产生原因

汽车故障产生的原因有以下几种。

本身存在着易损零件：汽车在设计时，因各种因素各种功能要求不同，各零件有不同寿命，如在恶劣环境下工作的零部件就为易损件，如发动机轴承、火花塞等。

零件本身质量差异：汽车和汽车零件是大批量和由不同厂家生产的，不可避免地存在质量差异。原厂配件质量差的在使用中会出现问题，协作厂和不合格的配件装到汽车上更会出现问题。

汽车消耗品质量差异：主要有燃油和润滑油等，这些质量差的消耗品会造成燃烧室积碳、运动接触面超常磨损等，严重影响汽车的使用性能而发生故障。

汽车使用环境影响：汽车是在野外露天等不断变化的环境里工作。如高速公路路面宽阔平坦，汽车速度快，易出故障和事故；道路不平，汽车振动颠簸严重，易受损伤；山区动力消耗大，在城市用车时间长等，不适当的条件都会使汽车使用状况发生变化，容易发生故障。

驾驶技术和日常保养的影响：驾驶技术对汽车故障产生有影响。汽车使用管理日常保养不善，不能按规定进行走合和定期维护，野蛮启动和野蛮驾驶等都会使汽车早期损坏和出现故障。

汽车故障诊断技术和维修技术的影响：汽车使用中有故障要及时维修，出了故障要做出准确地诊断，才可能修好。在汽车使用、维护、故障诊断和维修作业中，特别是现代汽车，高新技术应用较多，这就要求汽车使用、维修工作人员要了解 and 掌握汽车技术和高深的新技术。维修人员不会修不能乱修，不懂不能乱动，以免旧病未除，新毛病又会出现。

因此，汽车故障广泛地存在于汽车的制造、使用、维护和修理工作的全过程。不同部位、不同性质的故障，其产生原因千差万别，但归纳起来主要有：零件产生磨损、零件被有害物腐蚀、零件在外力或内应力作用下变形、零件因意外事故造成损伤或损坏、零件疲劳损坏、非金属零件或电器元件老化、紧固件松动、使用或调整不当等。导致汽车发生故障的具体原因可能是一种或多种，涉及的零件可能是一个或几个，在维修过程中，需要仔细检查。

### 3. 汽车故障的诊断方法

汽车故障千变万化，种类繁多，但是故障诊断的方法和步骤都是一定的，只要基本方法正确，思路清晰，方法得当，故障诊断也是容易做出的。故障诊断的方法基本上可以归纳为两种：经验诊断法和现代仪器诊断法。



### (1) 经验诊断法

顾名思义，经验法诊断故障，是凭驾驶员和维修人员的基本素质和丰富经验，快速准确地对汽车故障做出诊断。这种诊断方法是依靠诊断人员的经验和理论知识，在汽车不解体或局部解体的情况下，借助简单工具，利用眼看、耳听、鼻闻、手摸等方法进行检查、试验和分析，对汽车故障进行诊断的方法。这种方法不需专用仪器设备和场地，可随时随地进行作业；但这种诊断方法要求诊断人员必须有丰富的实践经验、准确性差、诊断速度慢、不能进行定量分析。

### (2) 现代仪器诊断法

在汽车不解体的情况下，用专用仪器和测试设备对汽车故障进行诊断的方法。这种方法检测速度快，准确性高，特别对故障隐患的诊断有明显优势，是汽车故障检测与诊断技术发展的必然趋势；但这种方法设备投资大，对诊断人员技术水平要求高。

## 任务五 发动机维修常用工具

### 一、手用工具

#### 1. 螺丝刀

螺丝刀分为标准和十字型。如图 1-7 所示为标准型和十字型螺丝刀，整体分为三部分：刀口、刀杆和手柄。在使用螺丝刀时，要注意一定要把螺丝刀垂直地顶在螺丝钉的头部上，一边用力顶压着，一边转动螺丝刀。在转动时不要把转动方向弄错了。若斜着去拧螺丝钉，对螺丝刀和螺丝钉都可能造成伤害。

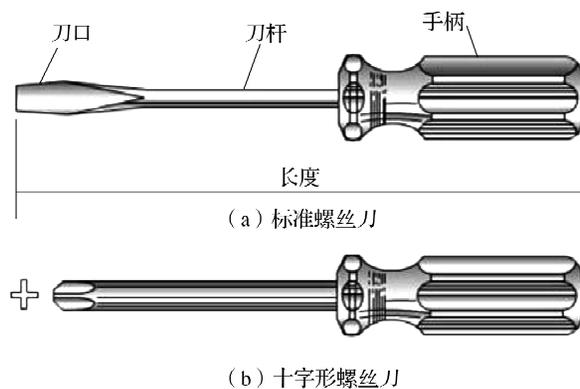


图 1-7 螺丝刀

#### 2. 钳子

钳子有很多类型和规格，常用钳子可分为鲤鱼钳、钢丝钳和尖嘴钳，如图 1-8 所示。



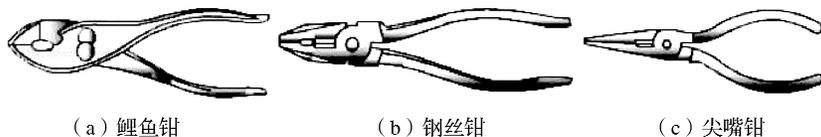


图 1-8 钳子

开口钳主要用于夹持机件或拉扭机件，不得使用开口钳拆装螺栓等紧固件。

### 3. 扳手

扳手主要用于拧松或拧紧螺栓或螺母，常用扳手类型如图 1-9 所示。每一类型的扳手都有不同的规格，一般都成套购置。除活动扳手的规格按尺寸大小划分外，其他扳手规格均按标准螺纹件规格划分。

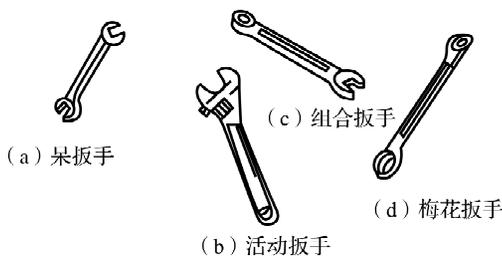


图 1-9 常用扳手类型

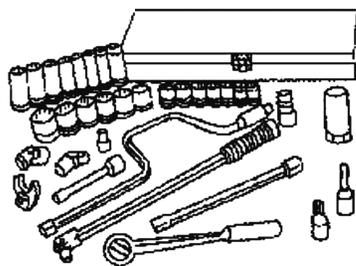


图 1-10 常用套筒扳手类型

扳手分为开口扳手、梅花扳手、套筒扳手、活动扳手、扭力扳手和预置式扭力扳手等。下面介绍常用的几种。

**套筒扳手：**它由多个带六角孔或十二角孔的套筒并配有手柄、接杆等多种附件组成，特别适用于拧转地位十分狭小或凹陷很深处的螺栓或螺母，如图 1-10 所示。套筒扳手由一套尺寸不等的梅花筒组成，使用时用弓形的手柄连续转动，工作效率较高。

**扭力扳手：**扭力扳手用于拧紧对拧紧力矩有严格要求的螺纹件，通常需要与套筒扳手配合使用，使用时可直接显示出所施加的拧紧力矩。常用扭力扳手类型如图 1-11 所示。

**其使用方法：**①使用时如图 1-12 所示，一手按住套筒一端，另一手平稳地拉动扭力扳手的手柄，并观察扭力扳手指针指示的扭矩数值；②切忌在过载的情况下使用扭力扳手，以免造成读数失准或扳手损坏，用后应将扭力扳手平稳放置，避免重物撞、压，造成扳杆或扳手指针变形而影响其测量精度，甚至损坏扳手。

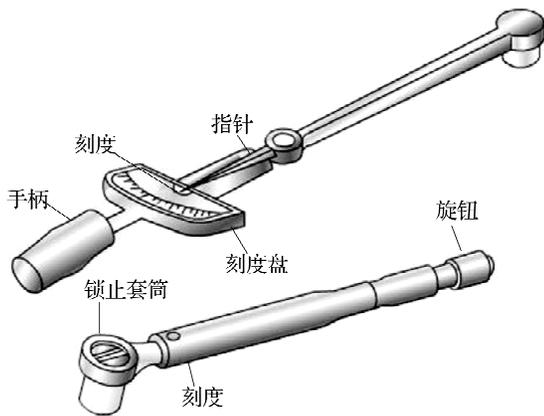


图 1-11 扭力扳手



图 1-12 扭力扳手工作示意图



预置式扭力扳手的结构如图 1-13 所示。

其使用方法：①在扭力扳手的使用中首先要根据测量工件的要求，选取适中量程扭力的扳手。所测扭力值不可小于扭力器在使用中量程的百分之二十，太大的量程不宜用于小扭力器的加固，小量程的扭力器更不可以超量程使用。②在使用扭力扳手时，先将扳手方榫连接好辅助配件（如套筒），确保连接已经没问题。在加固扭力之前设定好需要加固的力值，并锁好紧锁装置，调整好方向转换钮到加力的方向；然后在使用时快速连续操作 5~6 次，使扳手内部组件上特殊润滑剂能充分润滑，使扭力扳手更精确，持久使用。③在测量时，手要把握住把手的有效范围沿垂直于扭力扳手壳体方向，慢慢地加力，直至听到扭力扳手发出“塔”的声音，此时扭力扳手已到达预置扭力值，工件已加力完毕，并应及时解除作用力，以免损坏零部件。在施力过程中，操作人员应按照国家标准仪器操作规范，其垂直度偏差左右不应超过  $10^\circ$ ，其水平方向上下偏差不应超过  $3^\circ$ 。④为了不使测量结果因水平和垂直方向上的偏差而产生影响，在测量时，应在加力把持端上施加一个垂直向下的稳定力值，再手动加点力，这样使用值更精准。⑤扭力扳手的读数，如果是带表扭力仪器，直接读取指针所指示的数据为测量数据值；如果是套筒加副刻度指示器，应先读取主刻度上的刻度值再加上副刻度或微分筒上的刻度值之和为测量数据值。⑥扭力扳手是测量工具，应轻拿轻放，不能代替榔头敲打，不用时请注意将扭力设为最小值，存放在干燥处。扭力扳手应用范围较广，在加固扭力时，相对来讲比较简单，只需要设定其要求扭力值便可进行操作。



图 1-13 预置式扭力扳手

#### 4. 手锤

手锤分为硬手锤和软手锤，如图 1-14 所示。手锤用来把钉子钉进木头或使金属材料变形，是有力的敲击工具。在使用时，操作人员应手握锤柄  $1/2$  以下的部位。注意锤头必须牢固地装在锤柄上，否则在敲击时会飞出伤人。

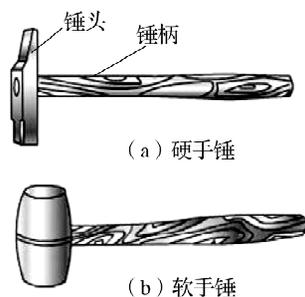


图 1-14 手锤

## 二、专用工具

### 1. 千斤顶

千斤顶（如图 1-15 所示）是一种用刚性顶举件作为工作装置，通过顶部托座或底部托爪在行程内顶升重物的轻小起重设备。千斤顶是一种最常用最简单的起重工具，按照其工作原理可分为机械丝杆式和液压式，按照所能起顶质量可以分为 3 000 kg、5 000 kg、9 000 kg 等多种不同规格，目前广泛使用的是液压式千斤顶。

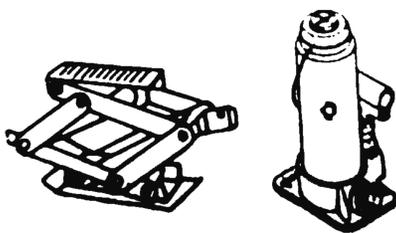


图 1-15 千斤顶

其使用注意事项：①汽车在起顶或下降过程中，禁止在汽车下面进行作业；②应徐徐拧

