

项 目 概 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，本项目要求会识别各种汽车发动机的类型及型号，掌握汽车发动机的工作原理和主要性能指标，了解汽车发动机的总体构造。

序号	学习内容(知识、技能、行为习惯、职业素养)	评 价 标 准			
		了解	掌握	可在指导下操作	可独立操作
1	发动机的分类	✓			
2	发动机的型号编制规则	✓			
3	发动机的主要总成		✓		
4	发动机的主要性能指标		✓		
5	发动机的基本术语		✓		
6	发动机的工作原理		✓		

MISSION 1 了解发动机



任

务

目

标

1. 了解发动机的分类。
2. 了解发动机的编号。
3. 掌握发动机主要性能指标。
4. 认识发动机的主要总成。



必备知识

一、发动机的简介

发动机是汽车的“心脏”，为汽车的行驶提供动力。简单讲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密封汽缸内燃烧气体膨胀时，推动活塞做功，转变为机械能，这是发动机最基本原理。发动机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，无论是在设计上、制造上、工艺上还是在性能上、控制上都有很大的提高，但其基本原理仍然未变，这是一个富于创造的时代，那些发动机设计者们，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美的程度，各世界著名汽车厂商也将发动机的性能作为竞争亮点，现在的汽车发动机不仅注重汽车动力的体现，更加注重能源消耗、尾气排放等与环境保护相关的方面。使得人们在悠闲地享受汽车文化的同时，也能保护环境，节约资源。

二、发动机历史的简介

汽车整体技术日新月异，而作为汽车的“心脏”——发动机技术的进步显得更受关注。如今介绍一辆汽车的发动机时：可变气门正时技术，双顶置凸轮轴技术，缸内直喷技术，VCM 汽缸管理技术，涡轮增压技术，等等都已经运用的相当广泛；在用料上也是往轻量化的方向发展：全铝发动机目前的应用已经非常广泛；汽车的污染也是不可避免，于是新能源技术，包括柴油机的高压共轨，燃料电池，混合动力，纯电动，生物燃料技术也已经有普及的趋向，但回顾一下发动机的历史或许更能理解这一百多年来汽车技术所发生的巨大变革。

18 世纪中叶，瓦特发明了蒸气机，此后人们开始设想把蒸汽机装到车子上载人。法国的居纽(N. J. Cugnot)是第一个将蒸汽机装到车子上的人。

往复式活塞式四冲程汽油机是德国人奥托(Nicolaus A. Otto)在大气压力式发动机基础上，于 1876 年发明并投入使用的。由于采用了进气、压缩、做功和排气四个冲程，发动机的热效率从大气压力式发动机的 11% 提高到 14%，而发动机的质量却降低了 70%。

1892 年德国工程师狄塞尔(Rudolf Diesel)发明了压燃式发动机（即柴油机），实现了

内燃机历史上的第二次重大突破。

1926 年,瑞士人布希(A. Buchi)提出了废气涡轮增压理论,利用发动机排出的废气能量来驱动压气机,给发动机增压。50 年代后,废气涡轮增压技术开始在车用内燃机上逐渐得到应用,使发动机性能有很大提高,成为内燃机发展史上的第三次重大突破。

1967 年德国博世(Bosch)公司首次推出由电子计算机控制的汽油喷射系统(Electronic Fuel Injection, EFI),开创了电控技术在汽车发动机上应用的历史,成为内燃机发展史上第四次重大突破。

三、发动机的分类

1. 按活塞运动方式分类

活塞式内燃机可分为往复式活塞式(图 1-1-1)和旋转活塞式(图 1-1-2)两种。前者活塞在汽缸内作往复直线运动,后者活塞在汽缸内作旋转运动。



图 1-1-1 往复式活塞式发动机

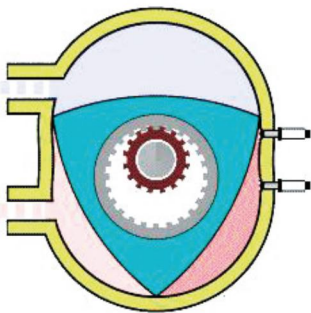


图 1-1-2 旋转活塞式发动机

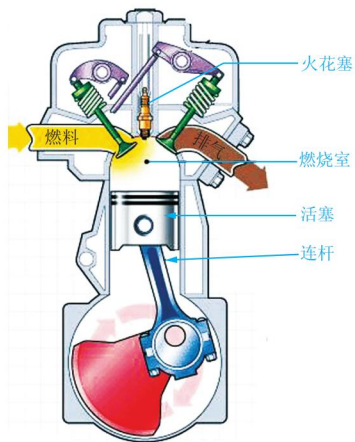


图 1-1-3 汽油机

2. 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。使用汽油作为燃料的发动机称为汽油机(图 1-1-3),使用柴油为燃料的发动机称为柴油机(图 1-1-4),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。

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,工作中振动及噪声小,起动容易,制造成本低,但热效率和经济性不如柴油机,适

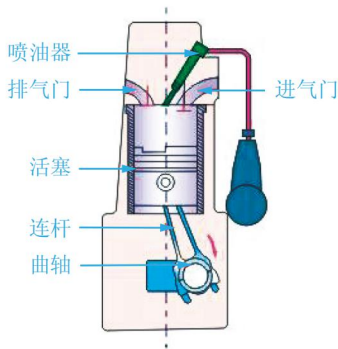


图 1-1-4 柴油机

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，工作中振动及噪声较大，起动性差(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。

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

二冲程发动机体积小、重量轻、功率大、结构简单，制造、维修方便，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，制造、维修较麻烦，价格相对较高，用于大多数汽车。

4. 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，如图 1-1-7 所示；以空气作为冷却介质的发动机称为风冷发动机，如图 1-1-8 所示。

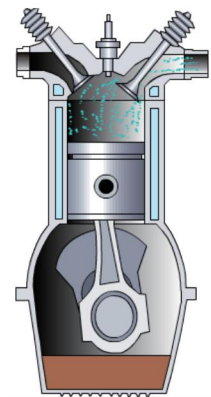


图 1-1-5 四冲程发动机

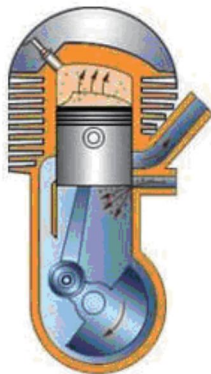


图 1-1-6 二冲程发动机

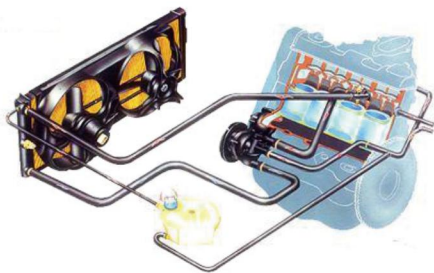


图 1-1-7 水冷发动机



图 1-1-8 风冷发动机

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,被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,维护使用方便,对气候变化适应性强,起动快,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。被一些军用汽车和个别载货汽车采用。风冷发动机还用于缺水地区。

5. 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,如图 1-1-9 所示;有两个以上汽缸的发动机称为多缸发动机,如图 1-1-10 所示。汽车发动机常用缸数有 3、4、5、6、8、10、12、16 缸。

单缸发动机工作不平稳,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;在同等排量下,多缸发动机的缸径较小,转速高、功率大;同时多缸发动机运转平稳,振动与噪声较小。现代汽车都采用多缸发动机。微型汽车发动机多为 3 缸,小型载重汽车、客车和中型以下轿车发动机多为 4 缸;中型载重汽车、大型轿车及客车发动机多为 6 缸;重型汽车一般为 6~8 缸。

6. 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 型、V 型、H 型和 W 型四种。所有的汽缸均按同一角度肩并肩排列成一个平面的发动机称为 L 型(直列式)发动机,如图 1-1-11 所示;所有的汽缸分成两组,相邻的汽缸以一定的夹角布置在一起,使两组汽缸形成两个有一定夹角的平面(左右两列汽缸中心线的夹角 $\gamma < 180^\circ$),从侧面看汽缸呈 V 字形的发动机称为 V 型发动机,如图 1-1-12 所示;将 V 型发动机每侧汽缸再进行小角度的错开(如帕萨特 W8 的小角度为 15°),从侧面看汽缸呈 W 字形的发动机,称为 W 型发动机, W 型发动机的汽缸排列



图 1-1-9 单缸发动机



图 1-1-10 多缸发动机

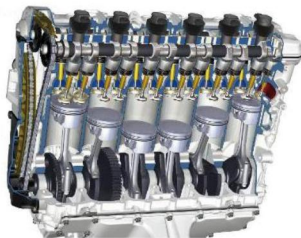


图 1-1-11 L 型发动机

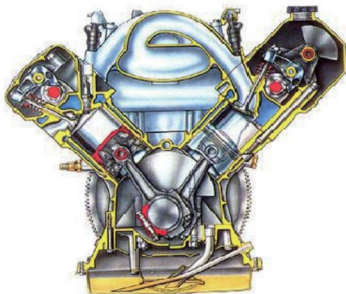


图 1-1-12 V 型发动机

也可以认为是由两个小 V 形组成一个大 V 字形, W 型发动机是德国大众专属的发动机技术, 如图 1-1-13 所示; 左右两列汽缸之间的夹角等于 180° 的 V 型发动机又称为 H 型(水平对置式)发动机, 如图 1-1-14 所示。

L 型(直列式)发动机结构简单、体积小、制造成本低、运转平衡性和操控性好、燃料消耗率低, 但是 L 型发动机随着缸数的增加长度将增加, 所以缸数受到限制, 最大功率也受到限制, 主要有 L3、L4、L5、L6 型。L 型发动机在国产汽车中应用十分广泛, 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直列发动机, 宝马的 L6(直列六缸)发动机在技术含量、缸数、性能表现上都是直列发动机的极致。

V 型发动机的汽缸之间相互错开布置, 缩短了机体的长度和高度。发动机高度的减少可以降低汽车迎风面积, 满足汽车空气动力学的要求; 发动机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; 发动机汽缸的对向布置, 可抵消一部分振动, 使发动机运转更平顺。但 V 型发动机结构复杂、制造成本高、保养和维修较为困难。V 型发动机从 V3 到 V5、V6、V8、V10、V12、V16 都有, 排气量可以从很小做到很大。

W 型发动机比 V 型发动机的长度更短, 重量更轻, 体积更小。但 W 型发动机结构过于复杂, 制造成本高昂, 其宽度更大, 发动机室更满。W 型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 型发动机, 目前主要有 W12 和 W16 型。

H 型(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, 车头可以设计得又扁又低, 增强了汽车的行驶稳定性和操控性; H 型(水平对置式)发动机水平对置的汽缸布局使其较 V 型发动机活塞运动平衡性、发动机运转平顺性更好(180° 左右抵消), 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。由于机体较宽, 不好布局。另外由于重力的原因, 使汽缸的上侧得不到充分润滑。日本富士(Subaru)汽车的富士 WRX—Sti 和德国保时捷(Porsche)的 911 车型都采用的是水平对置发动机。

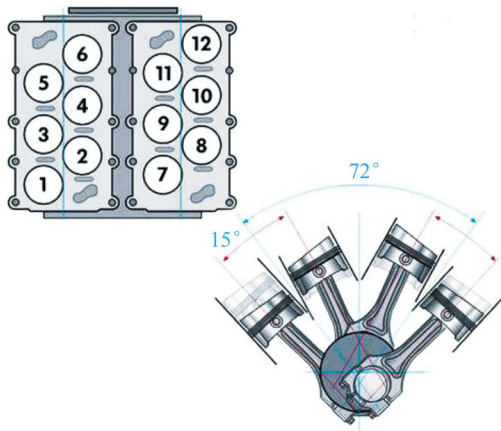


图 1-1-13 W 型发动机



图 1-1-14 H 型发动机

7. 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。如图 1-1-15 所示,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;如图 1-1-16 所示,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。

发动机增压可以分为机械增压、气波增压、废气涡轮增压、复合增压四种常见的系统,废气涡轮增压是最常见的增压装置,它是利用发动机排出的废气惯性冲力来推动涡轮室内的涡轮,涡轮又带动同轴的叶轮,叶轮压送由空气滤清器管道送来的空气,使之增压进入汽缸。增压使进入燃烧室内的空气质量大幅度提高,发动机的功率及扭矩可增大 20%~30%。但采用增压技术后使发动机强度、机械加工精度、装配技术等要求更严格。同时采用涡轮增压后会出现动力输出反应滞后,即突然加速时,瞬间会有提不上速度的感觉。

四、发动机的主要总成

发动机是一种由许多机构和系统组成的复杂机器。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。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机构和系统。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构(图 1-1-17)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汽缸内作直线运动,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。

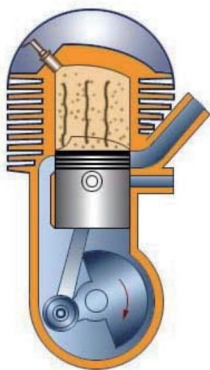


图 1-1-15 自然吸气式发动机

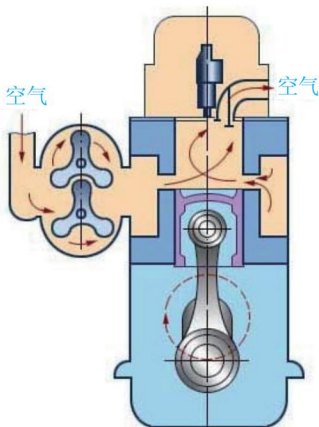


图 1-1-16 增压式发动机

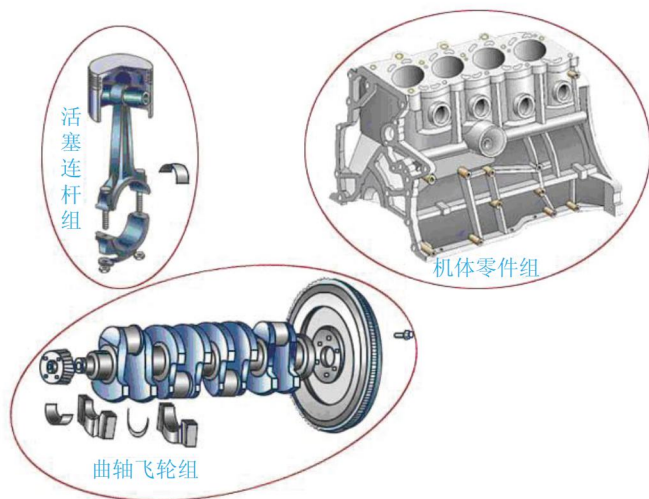


图 1-1-17 曲柄连杆机构

2. 配气机构

配气机构(图 1-1-18)的功用是根据发动机的工作顺序和工作过程,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汽缸,并使废气从汽缸内排出,实现换气过程。配气机构大多采用顶置气门式配气机构,一般由气门组和气门传动组组成。



图 1-1-18 配气机构

3. 燃料供给系统

燃料供给系统(图 1-1-19)的功用是根据发动机的要求,配制出一定数量和浓度的混合气,供入汽缸,并将燃烧后的废气从汽缸内排出到大气;柴油机燃料供给系的功用是把柴油和空气分别供入汽缸,在燃烧室内形成混合气并燃烧,最后将燃烧后的废气排出。

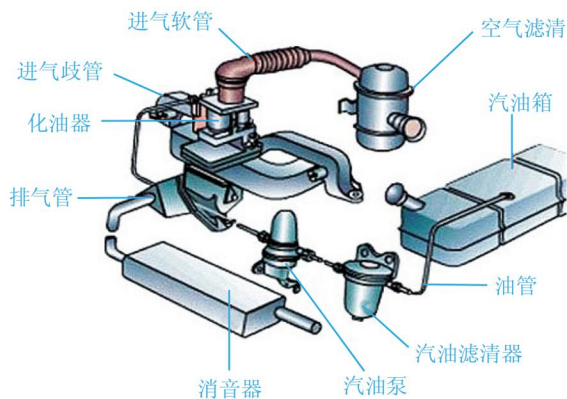


图 1-1-19 燃料供给系统

4. 润滑系统

润滑系统(图 1-1-20)的功用是向作相对运动的零件表面输送定量的清洁润滑油,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。润滑系通常由润滑油道、机油泵、机油滤清器和一些阀门等组成。

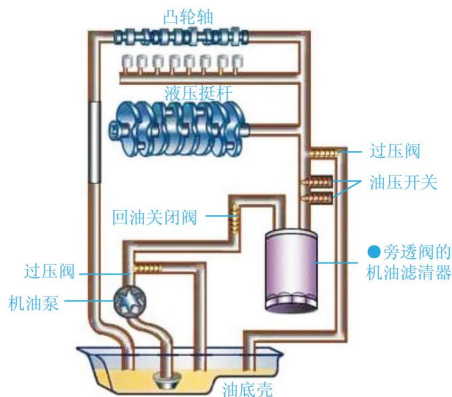


图 1-1-20 润滑系统

5. 冷却系统

冷却系统(图 1-1-21)的功用是将发动机受热零部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。水冷发动机的冷却系通常由冷却水套、水泵、风扇、水箱、节温器等组成。

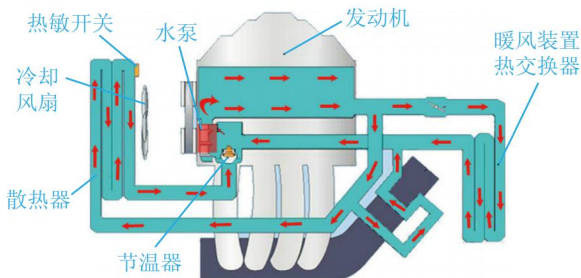


图 1-1-21 冷却系统

6. 点火系统

点火系统(图 1-1-22)的功用是按照发动机的工作顺序定时产生足够强度的电火花把混合气点燃。点火系通常由蓄电池、发电机、分电器、点火线圈和火花塞等组成。

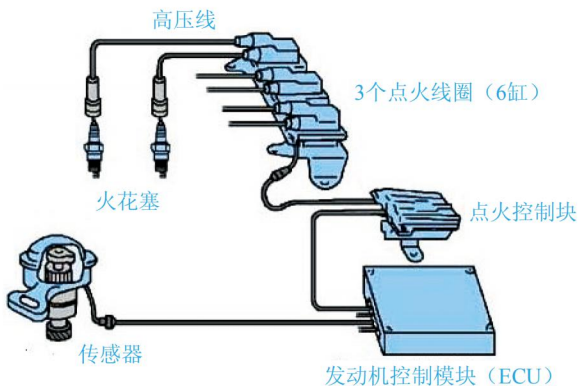


图 1-1-22 点火系统

7. 起动系统

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,发动机才能自行运转,工作循环才能自动进行。因此,曲轴在外力作用下从开始转动到发动机开始自动

地怠速运转的全过程，称为发动机的起动。完成起动过程所需的装置，称为发动机的起动系统，如图 1-1-23 所示。

汽油机由以上两大机构和五大系统组成，即曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、润滑系统、冷却系统、点火系统和起动系统；柴油机由两大机构和四大系统组成，即曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统和起动系统，柴油机是压燃的，不需要点火系统。

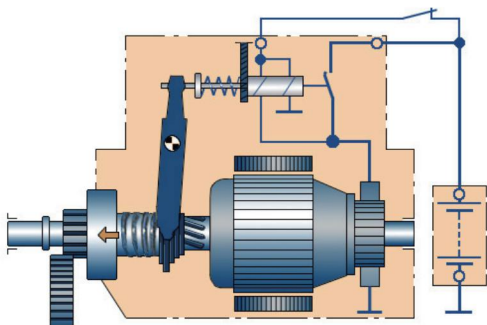


图 1-1-23 起动系统

五、发动机的主要性能指标

发动机的性能指标是用来衡量发动机性能好坏的标准。发动机的主要性能指标有：动力性能指标、经济性能指标和排放性能指标。

1. 动力性能指标

动力性能指标指曲轴对外做功能力的指标，包括有效扭矩、有效功率和曲轴转速。

有效扭矩：有效扭矩指发动机通过曲轴或飞轮对外输出的扭矩，通常用 T_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。有效扭矩是作用在活塞顶部的气体压力通过连杆传给曲轴产生的扭矩，并克服了摩擦，驱动附件等损失之后从曲轴对外输出的净扭矩。

有效功率：有效功率指发动机通过曲轴或飞轮对外输出的功率，通常用 P_e 表示，单位为 kW 。有效功率同样是曲轴对外输出的净功率。它等于有效扭矩和曲轴转速的乘积。发动机的有效功率可以在专用的试验台上用测功器测定，测出有效扭矩和曲轴转速，然后用下面公式计算出有效功率：

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

式中， T_e ——有效扭矩， $N \cdot m$ ；

n ——曲轴转速， r/min 。

转速：转速指发动机曲轴每分钟的转数，单位为 r/min 。发动机产品铭牌上标明的功率及相应转速称为额定功率和额定转速。按照汽车发动机可靠性试验方法的规定汽车发动机应能在额定工况下连续运行 300~1000 小时。

2. 经济性能指标

通常用燃油消耗率来评价内燃机的经济性能。燃油消耗率是指单位有效功的燃油消耗量，也就是发动机每发出 $1kW$ 有效功率在 1 小时内所消耗的燃油质量（以 g 为单位），燃油消耗率通常用 g_e 表示，其单位为 $g/kW \cdot h$ ，计算公式如下

$$g_e = \frac{1000G_T}{P_e} (g/kW \cdot h)$$

式中， G_T ——每小时的燃油消耗量，kg/h；

P_e ——有效功率，kW。

很明显，有效燃油消耗率越小，表示发动机曲轴输出净功率所消耗的燃油越少，其经济性越好。通常发动机铭牌上给出的有效燃油消耗率 g_e 是最小值。

3. 排放性能指标

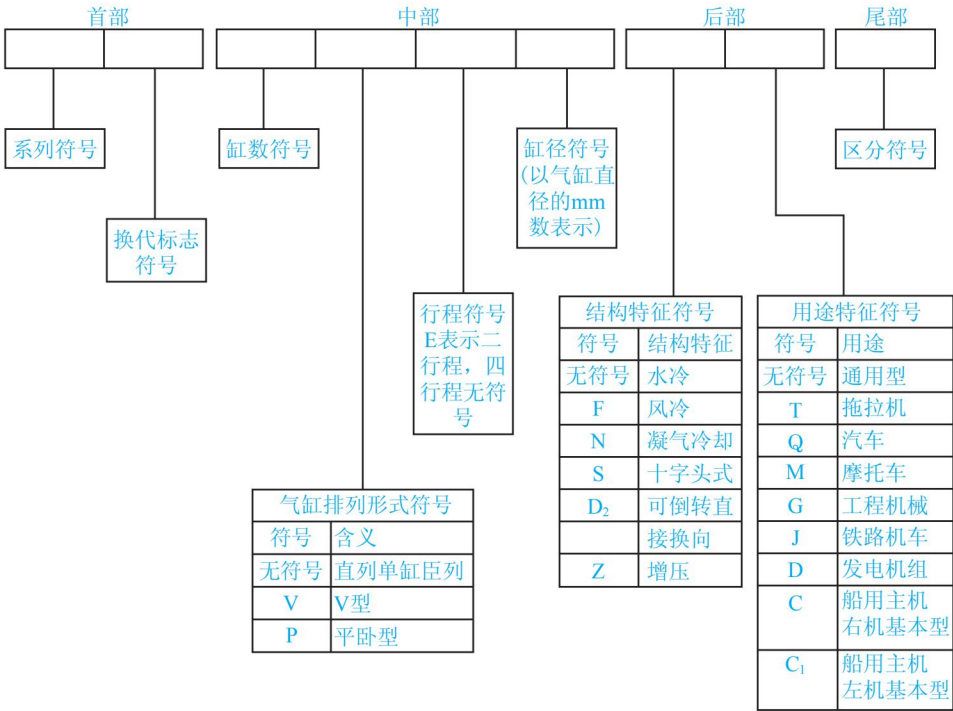
排放性能指标包括排放烟度、有害气体(CO，HC，NO_x)排放量、噪声等。

六、识别发动机的编号

为了便于内燃机的生产管理和使用，国家标准 GB/T 725—2008《内燃机产品名称和型号编制规则》中对内燃机的名称和型号作了统一规定。

1. 内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义

内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义规定如下：



2. 内燃机的名称和型号

内燃机名称均按所使用的主要燃料命名，例如汽油机、柴油机、煤气机等。

内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成。

内燃机型号由以下四部分组成：

首部：为产品系列符号和换代标志符号，由制造厂根据需要自选相应字母表示，但需主管部门核准。

中部：由缸数符号、冲程符号、汽缸排列形式符号和缸径符号等组成。后部：结构特征和用途特征符号，以字母表示。

后部：由结构特征符号和用途特征符号组成。

尾部：由区分符号组成。同一系列产品因改进等原因需要区分时，由制造厂选用适当符号表示。

3. 型号编制举例

(1) 汽油机

1E65F：表示单缸，二行程，缸径 65mm，风冷通用型

4100Q：表示四缸，四行程，缸径 100mm，水冷车用

CA6102：表示六缸，四行程，缸径 102mm，水冷通用型，CA 表示系列符号

(2) 柴油机

195：表示单缸，四行程，缸径 95mm，水冷通用型

165F：表示单缸，四行程，缸径 65mm，风冷通用型

495Q：表示四缸，四行程，缸径 95mm，水冷车用

X4105：表示四缸，四行程，缸径 105mm，水冷通用型，X 表示系列代号



任务实施

1. 任务准备

- 1) 设备：整车，破开的发动机及翻转架。
- 2) 工具：翼子板布、签个栅布。
- 3) 辅助材料：三件套标记笔支，抹布若干。

2. 实施步骤

作业内容	图 解	技 术 规 范	完成确认
1 工具准备		技术要求 1. 准备翼子板护垫三件套、方向盘套、换挡手柄套、椅背套、脚垫、翼子板布、抹布等 2. 将上述工具在工具车上叠放整齐 易发问题 遗忘换挡手柄套	

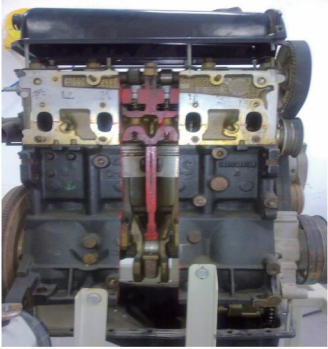
续 表

作业内容	图 解	技 术 规 范	完成确认
2 从车身标记识别发动机的类型		技术要求 从汽车外围标记识别发动机的类型及有关技术特征	
3 打开车门安装三件套		技术要求 1. 打开车门 2. 依次安装地板垫、方向盘套、座椅套、换挡杆套等 易发问题 1. 换挡杆套忘记安装 2. 座椅套安装方向错误	
4 打开发动机舱盖释放杆		技术要求 打开发动机舱盖释放杆开关 易发问题 1. 不同的车型位置和形状有所不同 2. 不允许用工具撬开	
5 打开发动机舱盖挂钩		技术要求 打开发动机舱盖挂钩 易发问题 1. 未找到发动机舱盖挂钩正确位置 2. 打开发动机舱盖释放杆开关后，发动机舱盖未弹开，用手轻轻来回按动以帮助弹开	

续 表

作业内容	图 解	技 术 规 范	完成确认
6 打开发动机舱盖		技术要求 1. 打开发动机舱盖 2. 安装发动机舱盖支撑杆 易发问题 发动机舱盖支撑杆位置固定错误	
7 安装翼子板布		技术要求 正确安装翼子板布 易发问题 翼子板布安装不到位，易脱落	
8 取下发动机装饰盖		技术要求 1. 观察发动机装饰盖上的标记 2. 取下发动机装饰盖 易发问题 发动机装饰盖要轻拿轻放，以防损坏	
9 观察发动机		技术要求 1. 找出发动机各主要部件位置 2. 判断发动机的类型并记录 3. 讨论发动机的特点	

续 表

作业内容	图 解	技 术 规 范	完成确认
10 观察剖开的发动机台架		技术要求 找出发动机各主要部件位置	
11 清洁		技术要求 1. 安放发动机装饰盖 2. 取下翼子板布并叠放整齐 3. 关闭发动机舱盖 4. 取下方向盘套、座椅套、地板垫等并叠放整齐 5. 做好车身和地面清洁工作 易发问题 发动机舱盖没有关紧	

3. 考核评价

评价内容	赋分	序号	具体指标	分值	得 分		
					自评	组评	师评
仪容仪表	15	1	工作服、鞋、胸卡穿戴整洁	5			
		2	发型、指甲等符合工作要求	5			
		3	不佩戴首饰、钥匙、手表等	5			
工作安全	15	4	走路文明，不打闹	5			
		5	操作过程沉着冷静	5			
		6	无人员受伤及设备损伤事故	5			

续 表

评价内容	赋分	序号	具体指标	分值	得 分		
					自评	组评	师评
工作过程	45	7	从车身标记识别发动机的类型	5			
		8	打开车门安装三件套	5			
		9	打开发动机舱盖释放杆	5			
		10	打开发动机舱盖挂钩	5			
		11	打开发动机舱盖并安装支撑杆	5			
		12	安装翼子板布	5			
		13	取下发动机装饰盖	5			
		14	观察发动机并记录	5			
		15	清洁	5			
职业素养	25	16	坚持出勤，遵守规章制度	5			
		17	服从安排，积极参加组内活动	5			
		18	在规定时间内完成，认真填写工单	5			
		19	节约用水用电用气，注意环保	5			
		20	认真执行 5S 工作	5			
综合得分				100			

MISSION 2 任务2 分析发动机的工作原理



任

务

目

标

1. 了解发动机的基本术语。
2. 掌握四冲程汽油发动机的工作原理。



必备知识

一、基本术语

1. 上止点

当活塞在汽缸内作往复直线运动时，活塞运动到距曲轴旋转中心最远时活塞顶部所处的位置，称为上止点，如图 1-2-1 所示。