

第一章 发动机工作原理和总体构造

主讲：武涛

wt55pub@scau.edu.cn

第一章 发动机工作原理和总体构造

- 基本概念
- 发动机总体构造
- 四冲程发动机工作原理和总体构造
- 发动机的分类
- 发动机的性能指标

发动机概述

□ 发动机是汽车最主要的总成之一，动力的来源。被称为汽车的“心脏”。

进气门
排气门
正时齿轮
机油泵
气缸
活塞
活塞销
连杆
曲轴
机油管

§ 1.2 基本术语

- ❖ 上止点
- ❖ 下止点
- ❖ 活塞行程(S)
- ❖ 曲柄半径(R)
- ❖ 气缸工作容积(V_h)
- ❖ 发动机排量(V_L)
- ❖ 燃烧室容积(V_c)
- ❖ 气缸总容积(V_a)
- ❖ 压缩比(ϵ)
- ❖ 工作循环

$$V_h = \pi D^2 S \times 10^{-6} / 4 \quad (L)$$

D——气缸直径mm
S——活塞行程mm

$$V_L = V_h \times I$$

$$\epsilon = V_a / V_c$$

压缩比

定义：压缩前气缸中气体的最大容积与压缩后的最小容积之比称为压缩比。用 ϵ 表示。

$$\epsilon = V_a / V_c$$

现代化油器式发动机压缩比一般为6~9(轿车有的达9~11)。上海桑塔纳轿车汽油机压缩比为8.2。

压缩比过大的不良后果

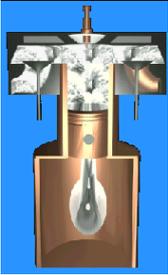
压缩比过大的不良后果

名称	成因	现象	后果
爆燃	由于气体压力和温度过高，在燃烧室内离点燃中心较远处的末端可燃混合气自燃而造成的一种不正常燃烧。	火焰以极高的速率向外传播，形成压力波，以声速向前推进。当压力波撞击燃烧室壁时就发出尖锐的敲击声。	还会引起发动机过热，功率下降，燃油消耗量增加等一系列不良后果。严重爆燃时甚至造成气门烧毁、轴瓦破裂，火花塞绝缘体击穿等。
表面点火	由于燃烧室内炽热表面与炽热处(如排气门头，火花塞电极，积炭处)点燃混合气产生的另一种不正常燃烧。	伴有强烈的较沉闷敲击声。	产生的高压会使发动机机件负荷增加，寿命降低。

§ 1.4 四冲程发动机的简单工作原理

□ § 1.4.1 四冲程汽油机的工作原理

- 1、进气行程
- 2、压缩行程
- 3、作功行程
- 4、排气行程

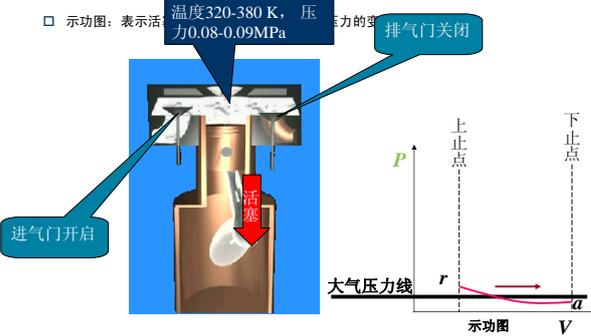


单缸四冲程汽油机的工作过程

进气行程

示功图：表示活 温度320-380 K, 压力0.08-0.09MPa 排气门关闭

进气门开启



上止点 下止点

大气压力线

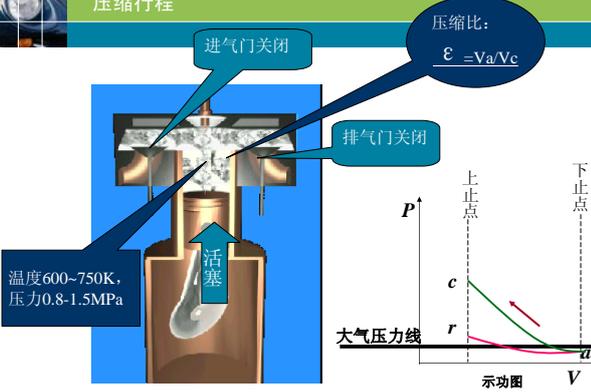
示功图

压缩行程

进气门关闭 排气门关闭

压缩比： $\epsilon = V_a/V_c$

温度600~750K, 压力0.8-1.5MPa



上止点 下止点

大气压力线

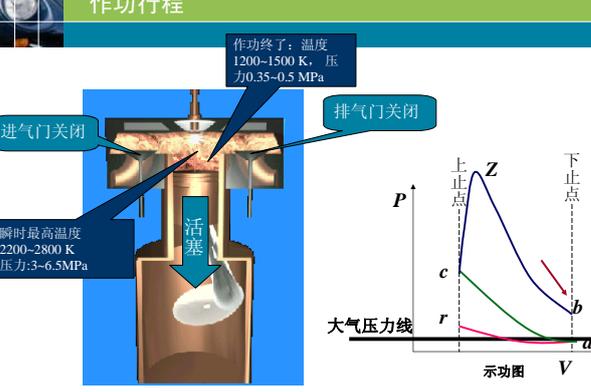
示功图

作功行程

作功终了：温度1200-1500 K, 压力0.35-0.5 MPa

进气门关闭 排气门关闭

瞬时最高温度2200-2800 K 压力3-6.5MPa



上止点 下止点

大气压力线

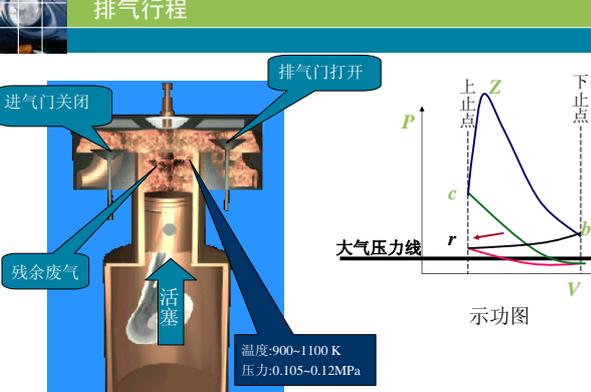
示功图

排气行程

进气门关闭 排气门打开

残余废气

温度900-1100 K 压力0.105-0.12MPa



上止点 下止点

大气压力线

示功图

§ 1.4.2 四冲程柴油机的工作原理

温度310-340K 压力0.085-0.095MPa

温度750-1000K 压力3-5 MPa

喷油器

喷油泵

温度700-900K 压力0.105-0.12MPa

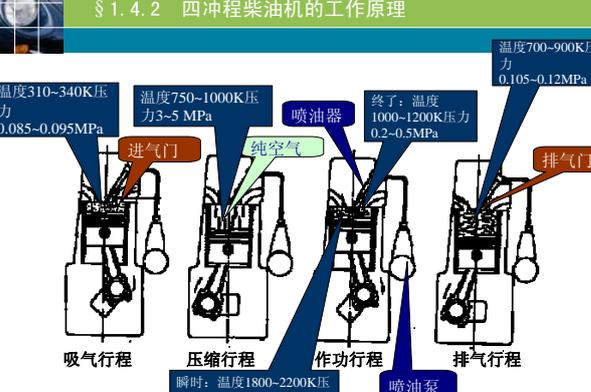
终于：温度1000-1200K 压力0.2-0.5MPa

进气门 纯空气

排气门

吸气行程 压缩行程 作功行程 排气行程

瞬时：温度1800-2200K 压力6-9 MPa



柴油机与汽油机工作时各行程状态参数比较				
状态行程	柴油机		汽油机	
	温度(K)	压力(MPa)	温度(K)	压力(MPa)
进气行程	310~340	0.085~0.095	320~380	0.08~0.09
压缩行程	750~1000	3~5	600~750	0.8~1.5
作功行程	1800~2200(瞬时最高) 1000~1200(作功終了)	6~9(瞬时最高) 0.2~0.5(作功終了)	2200~2800(瞬时最高) 1200~1500(作功終了)	3~6.5(瞬时最高) 0.35~0.5(作功終了)
排气行程	700~900	0.105~0.12	900~1100	0.105~0.12

柴油机

1897年，德国人鲁道夫·狄塞尔（1858-1913年）制造出世界上第一台柴油机并获得了发明专利。



鲁道夫·狄塞尔



狄塞尔发明的第一台柴油机

世界上第一辆柴油轿车



1936年梅塞德斯·奔驰牌柴油机轿车

思考

□ 四冲程汽油机和柴油机的工作循环有什么异同之处呢？

□ 四冲程汽油机与四冲程柴油机的共同点是：

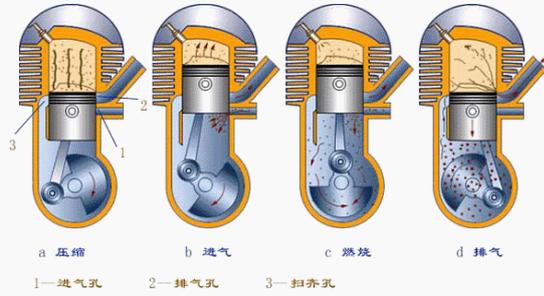
- 1) 每个工作循环都包含进气、压缩、作功和排气等四个活塞行程，每个行程各占180°曲轴转角，即曲轴每旋转两周完成一个工作循环。
- 2) 四个活塞行程中，只有一个作功行程，其余三个是耗功行程。显然，在作功行程曲轴旋转的角速度要比其他三个行程时大得多，即在一个工作循环内曲轴的角速度是不均匀的。为了改善曲轴旋转的不均匀性，可在曲轴上安装转动惯量较大的飞轮或采用多缸内燃机并使其按一定的工作顺序依次进行工作。

□ 两者不同之处是：

- 1) 汽油机的可燃混合气在气缸外部开始形成并延续到进气和压缩行程終了，时间较长。柴油机的可燃混合气在气缸内部形成，从压缩行程接近尾声了时开始，并占小部分作功行程，时间很短。
- 2) 汽油机的可燃混合气用电火花点燃，柴油机则是自燃。所以又称汽油机为点燃式内燃机，称柴油机为压燃式内燃机。

二冲程发动机的工作原理

二行程汽油机工作原理



二冲程与四冲程内燃机比较

- 做功次数
- 换气质量
- 结构

§ 1.3 发动机总体构造

两大机构	曲柄连杆机构
	配气机构
五大系统	供给系
	点火系
	冷却系
	润滑系
	起动系

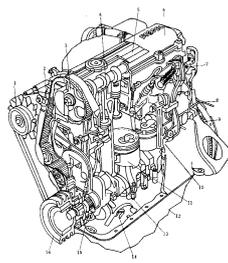
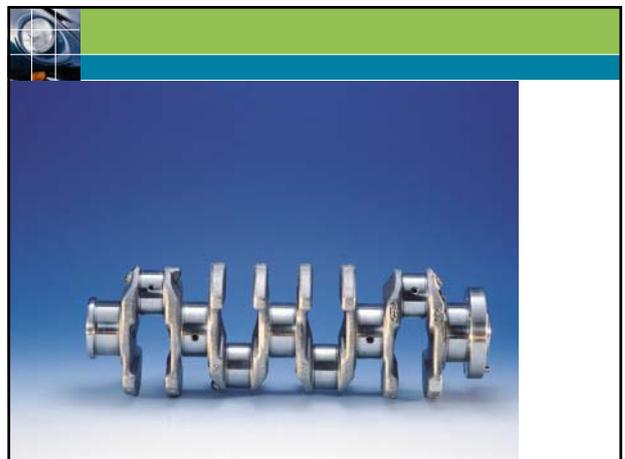
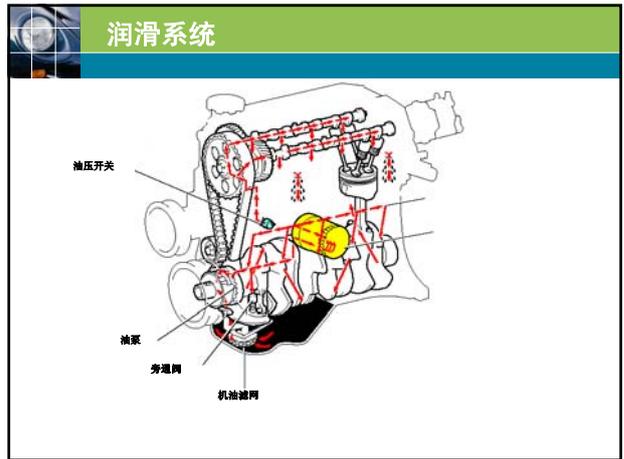
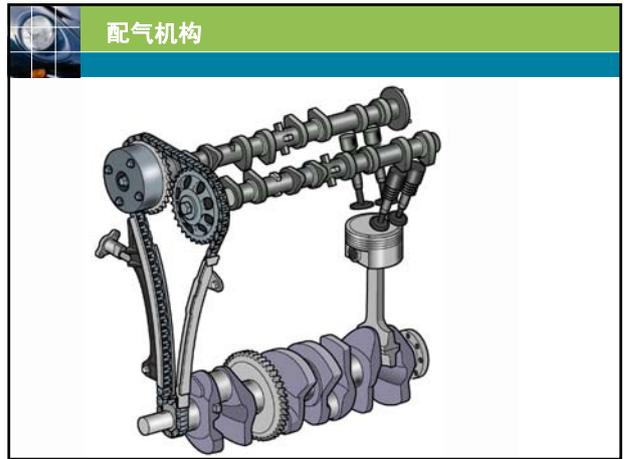
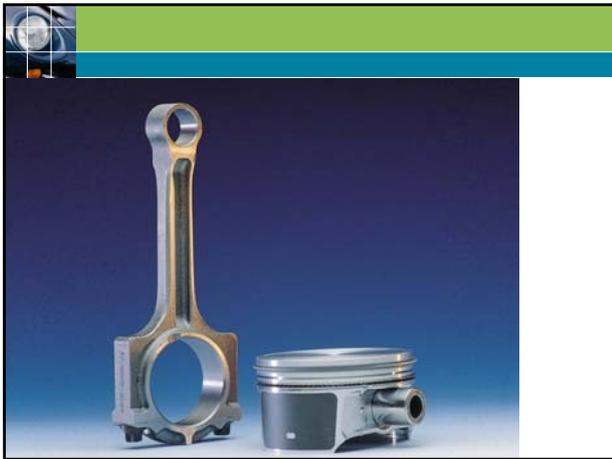


图 1-2-1 四缸直列发动机 (排量 2.0L) 的构造

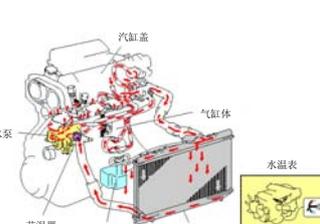
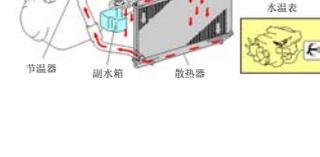


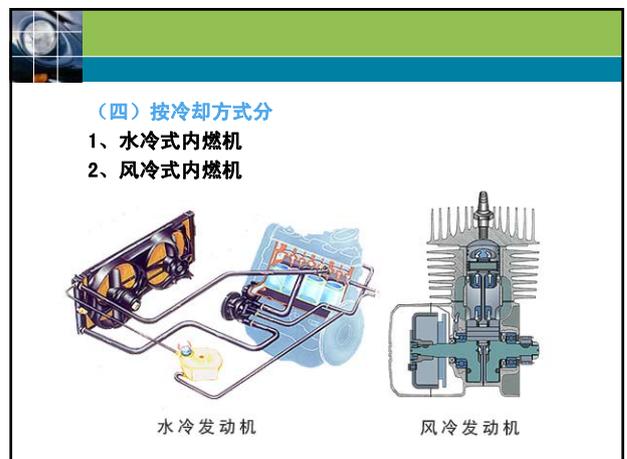
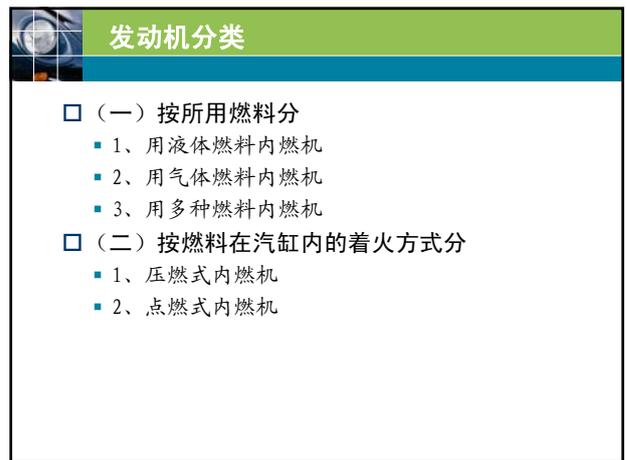
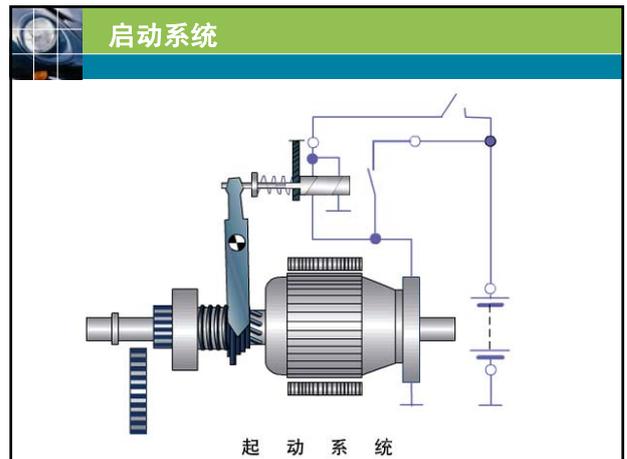
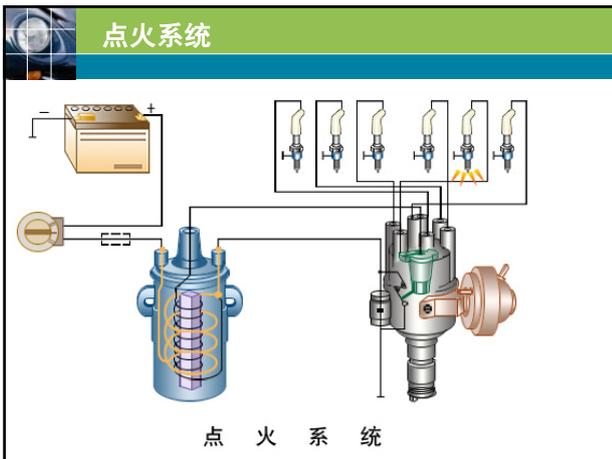
曲柄连杆机构





<p>油压指示器及警告灯</p> 	<p>油压开关</p> <p>如果在发动机运转时油压太低，油压开关点亮警告灯</p>	<p>机油分类</p>
<p>油泵</p> <p>从油底壳吸入机油，并将机油泵到发动机的各个零部件</p>	<p>旁通阀</p> <p>当油泵的输出压力过高时，释放一部分机油压力</p>	<p>美国石油组织分类</p> <p>API分类</p> <p>API (美国石油协会): 按质量分类。质量按字母分级。</p>
<p>机油滤网</p> <p>这是一个安装在油泵吸油口的金属网，作用是阻止大的微粒通过油泵进入发动机的零部件</p>	<p>机油滤清器</p> <p>发动机机油会逐渐污染，变脏。机油滤清器可以过滤不希望的杂质</p>	<p>SAE分类</p> <p>SAE (美国汽车工程协会): 按粘度分类。SAE指数决定特定机油的使用温度。</p>
<p>油压开关</p> <p>油泵</p> <p>旁通阀</p> <p>机油滤网</p> 	<p>注意:</p> <p>根据保养时间表更换机油</p>	<p>什么是多级油?</p> <p>多级油只能在比较窄的温度范围内使用。多级油可以在四季使用，温度范围较广。</p>

<p>冷却系统</p> 	<p>节温器</p> <p>这个装置调节发动机冷却液的温度</p>
<p>冷却风扇</p> <p>冷却风扇加快流过散热器的风速，提高散热器的效率</p>	<p>散热器</p> <p>散热器利用汽车前进产生的气流降低在发动机冷却系统中循环的冷却液温度</p>
<p>水泵</p> <p>水泵强迫冷却水在循环系统中流通</p>	<p>副水箱</p> <p>副水箱储存溢出的冷却水，以保持足够的冷却液</p>
<p>汽缸盖</p> <p>汽缸体</p> <p>水泵</p> <p>节温器</p> <p>副水箱</p> <p>散热器</p> <p>水温表</p> 	<p>为什么必须更换冷却液?</p> <p>因为暴露在空气中和发动机散热，长效冷却液的腐蚀性会增加，防锈性能下降。</p>



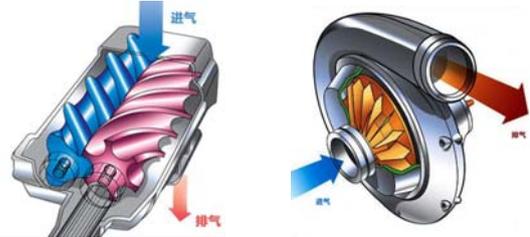
(五) 按气缸数目及排列方式分

- 1、单缸机
- 2、多缸机（双缸 → 四缸 → 五缸 → 六缸 → 八缸 → 十二缸）



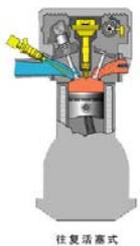
(六) 按进气方式分

- 1、非增压内燃机（自然吸气式）
- 2、增压内燃机



(七) 按活塞运动方式分

- 1、往复式内燃机
- 2、旋转式内燃机

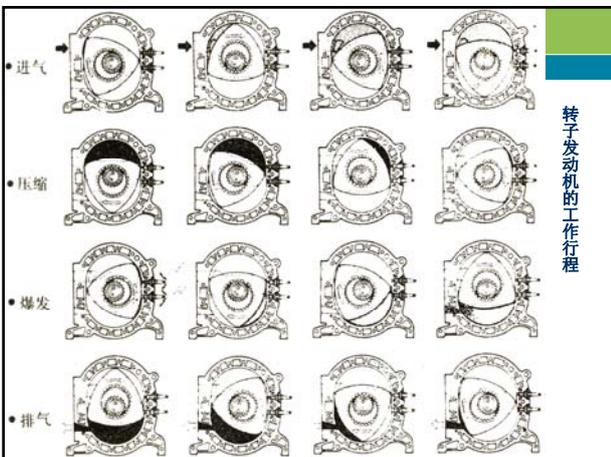
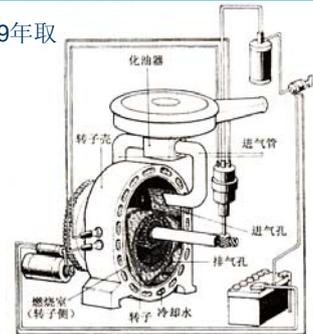
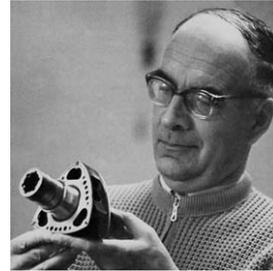


往复活塞式



转子发动机

德国人弗力斯·汪克尔，1929年取得第一个转子发动机专利



□1967年 马自达第一辆转子发动机车型“Cosmo Sport”在日本上市



□ 1991年 Mazda 787B创造了历史，成为第一辆夺得法国勒芒24小时耐力赛冠军的转子发动机车型



发动机主要性能指标与特性

□ 一、发动机主要性能指标：有动力性指标（有效转矩、有效功率、转速等）和经济性指标（燃油消耗率）。

□ 1、有效转矩：发动机通过飞轮对外输出的转矩，以 T_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。

□ 2、有效功率：发动机通过飞轮对外输出的功率。以 P_e 表示，单位为kW。

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

式中：n——曲轴转速，r/min

□ 3、有效燃油消耗率：发动机每发出1kW有效功率，在1h内所消耗的燃油消耗质量，以 b_e 表示，单位为 $g/(kW \cdot h)$ 。

□ 四冲程汽油机一般为270~325 $g/(kW \cdot h)$ 四冲程柴油机一般为190~238 $g/(kW \cdot h)$ 。

$$b_e = \frac{B}{P_e} \cdot 10^3 (g/kW \cdot h)$$

内燃机速度特性

□ 发动机主要性能指标可在发动机测功器台架上试验测定：

□ 试验时保持一定油门开度，同时用测功器对发动机施加一定的阻力矩，用转速表测出发动机转速，低于所需转速则减小阻力矩，反之则加大阻力矩，当发动机转速稳定在所需转速时，即阻力矩与发动机输出有效转矩相等时，测量发动机转速和发动机有效转矩，用油耗仪测出发动机单位时间内的耗油质量B，根据式（1-1）换算出发动机有效功率 P_e 。

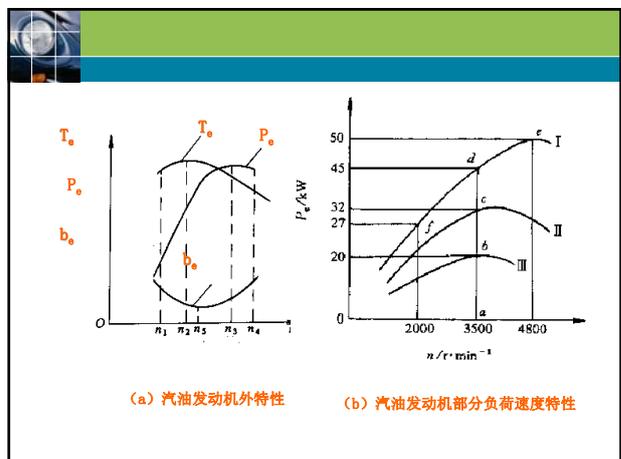
□ 二、发动机速度特性：指油门开度一定时，发动机的有效功率、有效转矩和有效燃油消耗率三者随发动机转速变化的规律。

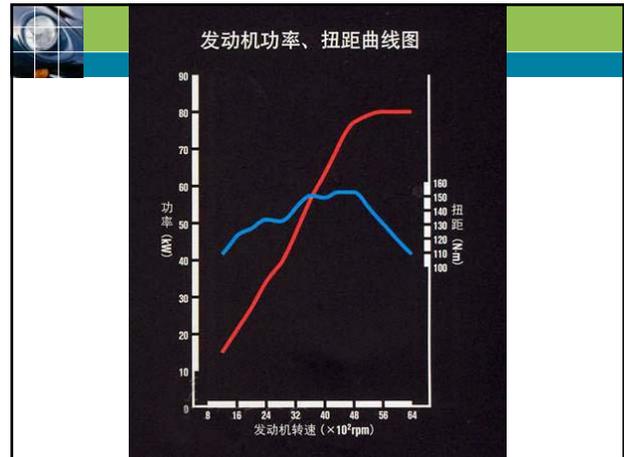
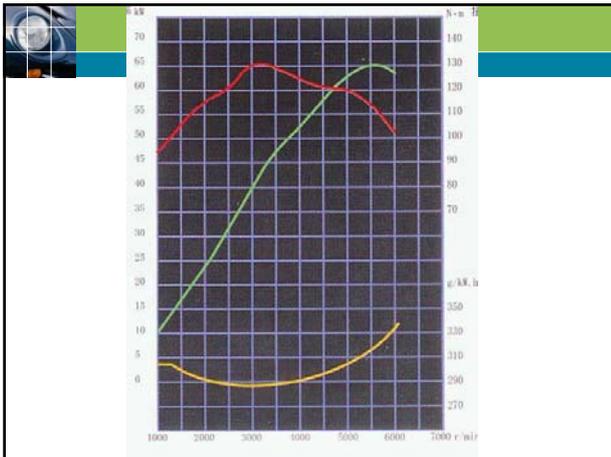
□ (1) 发动机全负荷速度特性（又称为发动机外特性）：指油门全开时，发动机的有效功率、有效转矩和有效燃油消耗率三者随发动机转速变化的规律。发动机最高工作转速时的全负荷有效功率为额定功率，相应转速为额定转速，为发动机铭牌功率和转速。

□ (2) 发动机部分负荷速度特性：指油门部分开启时，发动机的有效功率、有效转矩和有效燃油消耗率三者随发动机转速变化的规律。

□ (3) 发动机工况：一般是用它的功率与曲轴转速来表征，有时也用负荷和曲轴转速来表征。

□ (4) 发动机负荷：发动机在某一转速下的负荷，就是当时发动机发出的功率与同一转速下所可能发出的最大功率之比。注意，不要把负荷与功率混淆，50%负荷不是指油门开启一半开度，而是指此转速下发动机输出功率是油门全开时发动机输出功率的一半。





作业

- P39 思考题
- 交作业时间：下周2晚
- 用作业纸，作业纸写上班级、姓名、学号。
- 交给各班学习委员，学习委员按学号排列，用订书机装订。

第一章 复习题

1. 四冲程汽油机通常由哪些机构与系统组成？它们各有什么作用？
2. 四冲程柴油机经过哪四个活塞行程完成一个工作循环？期间，曲轴旋转了几周？配气凸轮轴旋转了几周？喷油泵凸轮轴旋转了几周？
3. 内燃机压缩比的定义是什么？
4. 什么是汽油机爆燃现象？有哪些危害？什么是汽油机表面点火现象？有哪些危害？

6. 汽油机与柴油机在可燃混合气形成方式与点火方式上有什么不同？
7. 四冲程汽油机和四冲程柴油机在总体构造上有哪些主要不同？
8. 比较二冲程汽油机与四冲程汽油机动力性能、燃油经济性能、HC排放的优劣，并说明原因。
9. 什么是发动机的速度特性？什么是发动机的外特性？
10. CA488型四冲程汽油机有4个气缸，气缸直径87.5mm，活塞行程92mm，压缩比为8.1，试计算其气缸工作容积、燃烧室容积和发动机排量。

Thank You !

wt55pub@scau.edu.cn