




第1次作业分析

清华大学  
Tsinghua University

发动机的诞生	数量	姓名
蒸汽机	2	陈明杰 王山
斯特林外燃机	1	施以宁
奥托内燃机	13	杨皓璞 陆澳 韩泽宇 肖育德 刘慰 施文博 王振远 姜峻凯 孔德裕 侯超 占国建 周智勇 杨笑侃
狄塞尔内燃机	9	付熙 兰志前 扈卓 孙稳超 陈添锐 徐迎港 蒋体通 王恺忻 朱江彤
星型内燃机	1	喻云昶
转子汽油发动机	7	辛鹏 赵超 李航宇 蒋宇轩 陈一鹤 朱涛 邹天健
自由活塞内燃机	1	甘雨果
涡轮喷气发动机	1	卢嫣
其他	1	刘倩

► 2

清华大学  
Tsinghua University

汽车构造 (1)

第2章 机体

黄开胜

汽车工程系

► 3


清华大学  
Tsinghua University


机体

- ◆ 组成与功用
- ◆ 缸体
- ◆ 缸盖
- ◆ 燃烧室
- ◆ 气缸垫
- ◆ 油底壳
- ◆ 缸盖螺栓
- ◆ 风冷机体

►

前端轮系

清华大学  
Tsinghua University



曲轴

凸轮轴

水泵

发电机

空调压缩机

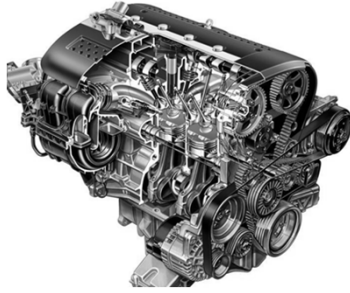
转向助力泵

空气压缩机

冷却风扇

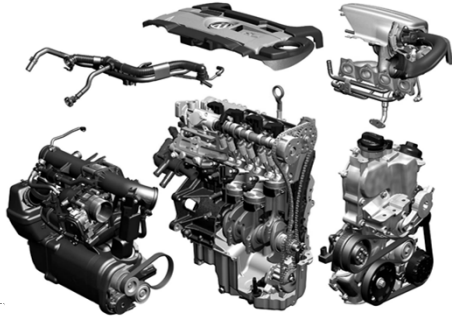
►

功用与组成 (1)

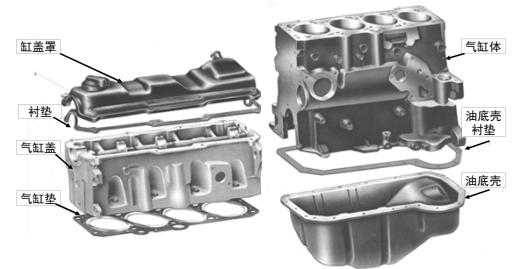


►

## 功用与组成 (1)



## 功用与组成 (2)



## 功用与组成 (3)

- ▶ 发动机组成
  - ▶ 不动件：缸体、缸盖、缸垫、曲轴箱、油底壳等
  - ▶ 发动机骨架，安装各机构系统的基础
  - ▶ 运动件：活塞、连杆、轴承、气门、摇臂、挺柱、凸轮、飞轮等
  - ▶ 主要工作机构，实现能量、运动的转换
- ▶ 机体功用
  - ▶ 两大机构和发动机各系统的装配基体
  - ▶ 形成燃烧室
  - ▶ 冷却系统和润滑系统的组成部分
- ▶ 工作条件
  - ▶ 高温 ( $T_{max} \approx 2800K$ )
  - ▶ 高压 ( $p_{max} = 10MPa \sim 16MPa$ )
  - ▶ 高速且变速：惯性力可以是运动件重量的数千倍
  - ▶ 化学腐蚀，润滑不良

## 功用与组成 (4)

- ▶ 受力分析
  - ▶ 缸内气体作用力
  - ▶ 气体作用力和惯性力经活塞作用在气缸上的侧推力
  - ▶ 通过曲轴传递到各轴承上的作用力
  - ▶ 支架对发动机的支承反力和支承反力矩
  - ▶ 这些力的大小随发动机的工况和曲轴旋转角变化，侧推力和主轴承载荷的作用点和力的方向也是变化的
  - ▶ 此外，缸盖紧固螺栓、主轴承螺栓的紧固力即使在发动机不运转时也要使机体的被紧固部分受力。发动机运行时螺栓紧固力还随着缸内气体压力和轴承载荷的变化而变化
  - ▶ 以上种种力和力矩的作用结果，使机体各部分受到交变的拉压弯扭综合载荷，产生复杂的应力应变状况
  - ▶ 各主轴承所在的机体前、后壁和缸间各隔壁以及顶板、中间横隔板是受力的核心部分

## 功用与组成 (5)

- ▶ 要求
  - ▶ 足够的强度和刚度
  - ▶ 良好的耐磨、耐热、耐腐蚀和抗氧化性能
  - ▶ 结构尽可能紧凑，以减轻发动机质量和减少运动件惯性力
  - ▶ 较高的加工精度、装配精度
  - ▶ 良好的润滑
  - ▶ 成本较低、运动件正常运转、功率消耗较少、使用寿命较长

## 机体

- ◆ 组成与功用
- ◆ 缸体
- ◆ 缸盖
- ◆ 燃烧室
- ◆ 气缸垫
- ◆ 油底壳
- ◆ 缸盖螺栓
- ◆ 风冷机机体

### 缸体

◆ 内燃机工作时缸体在前述力量的共同作用下产生**复杂的振动**

- 低频激励主要激发缸体整体的弯曲和扭转振动
- 高频激励主要激发主轴承产生剧烈的轴向振动

◆ 应对措施：材料选型、结构设计、加工工艺

◆ 研究热点：材料、加工、结构设计、结构优化（模态分析、有限元仿真、应变测试）

多缸内燃机缸体瞬态动力分析，内燃机学报，2003.3

### 缸体

- 基本结构与材料
- 缸体排列
- 缸体顶面
- 气缸
- 曲轴箱
- 主轴承盖

### 缸体—基本结构与材料（1）

- 工作要求
  - 气缸上部高温、拉压弯扭载荷
  - 刚度、强度，避免缸筒变形
- 结构特点
  - 框架式
  - 气缸体上部的圆柱形空腔称为气缸，下半部为支承曲轴的曲轴箱，其内腔为曲轴运动的空间
  - 在气缸体内部铸有许多加强筋，冷却水套和润滑油道

### 德国奥迪EA888第三代发动机缸体

水套

气缸

机体顶面

水道

气缸体

机油回油孔

侧壁加强筋

模隔板加强筋

主轴承座

曲轴箱

机体侧壁

润滑油道

机体底面

上缸体+下缸体

一体式缸体

### 缸体—基本结构与材料（2）

- 结构特点
  - 缸体、缸盖形状复杂，壁厚相差大（最小壁厚3mm，最大壁厚可达40 mm）
  - 典型的薄壁复杂件，铸造时砂芯多，尺寸精度高（铸件超出设计状态 1 mm，动力性能将降低10% 左右\*）
  - 铸件的水道、油道需经气密性试验，不得有渗漏现象
  - 铸件不得有夹渣、砂眼、气孔裂纹类缺陷
- 性能要求
  - 在工作中受到的热冲击和热疲劳作用大，既要求具有良好的铸造性能，又要求具有良好的力学性能

\* 汽车发动机铸铁缸盖的铸造技术，中国铸造装备技术，2006（5）