

# 轻量化材料技术 在汽车发动机中的发展与应用

冯美斌

2015. 3. 12

上海



# 目 录

---

一、概述

二、五大件中的轻量化材料技术

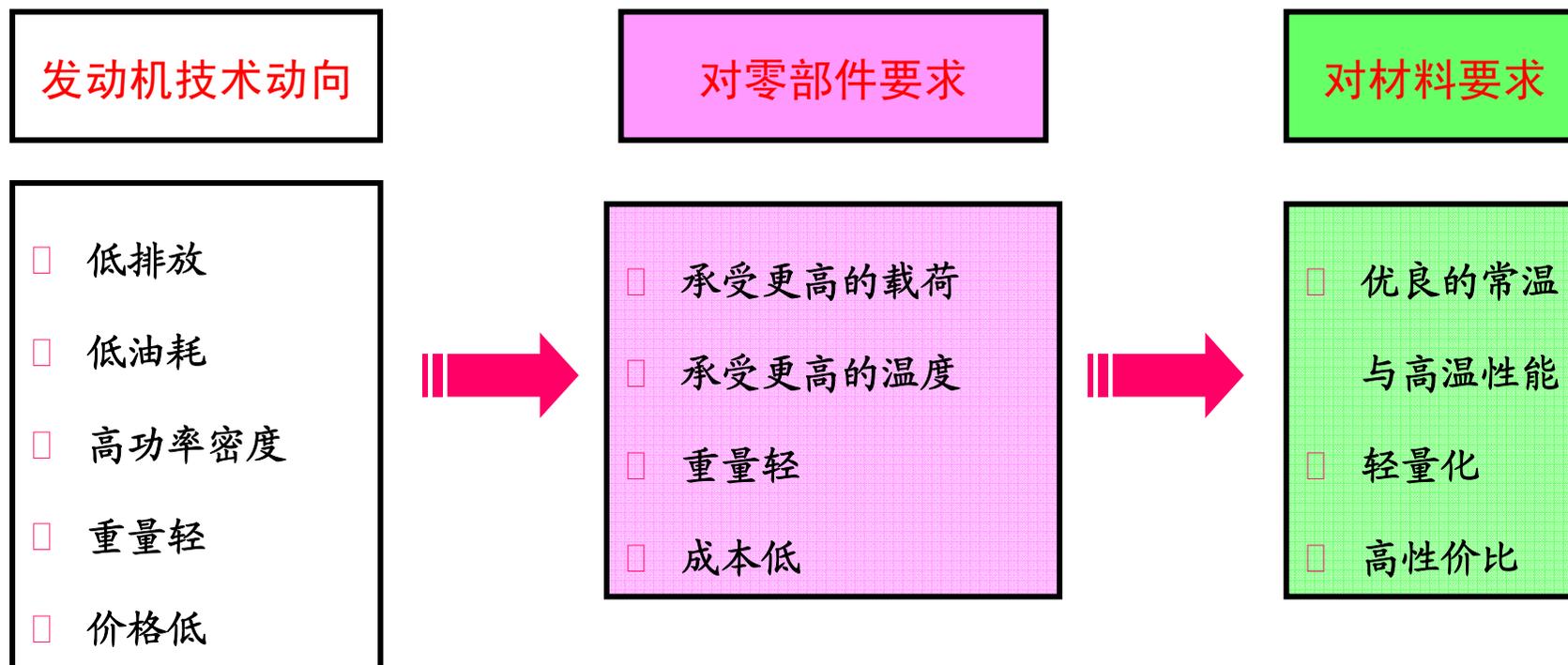
三、其它零部件的轻量化材料技术

四、结束语



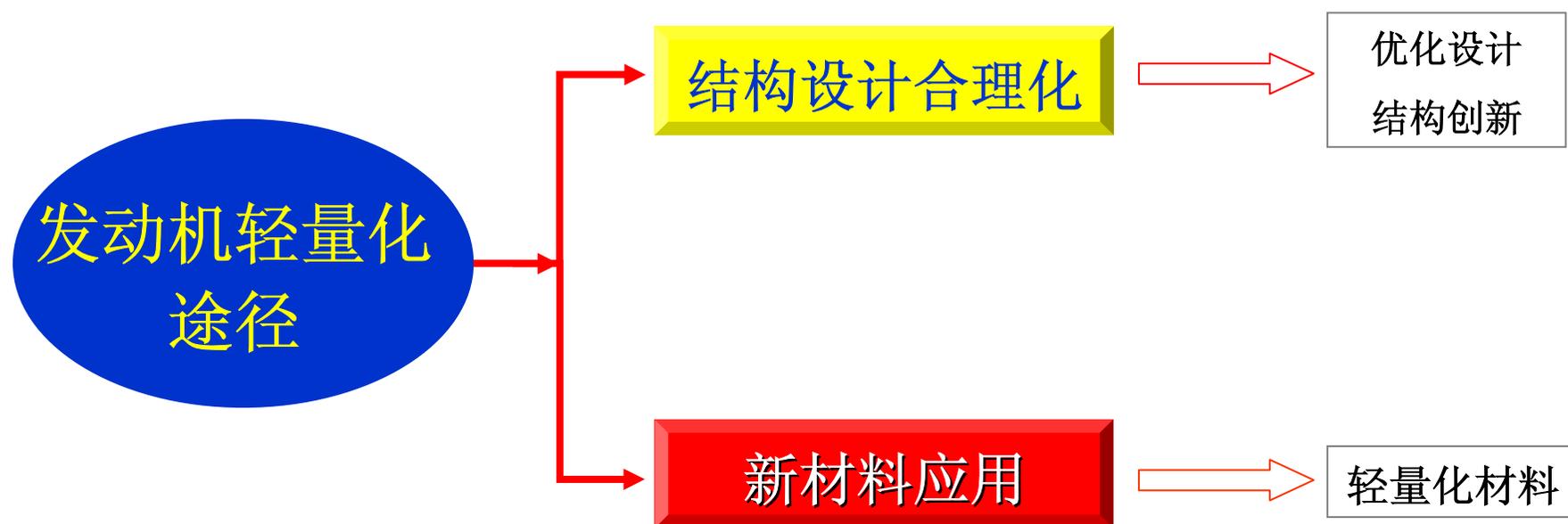
# 一、概述

## 车用发动机材料技术面临的挑战



# 一、概述

轻量化--发动机材料技术发展的重要方向

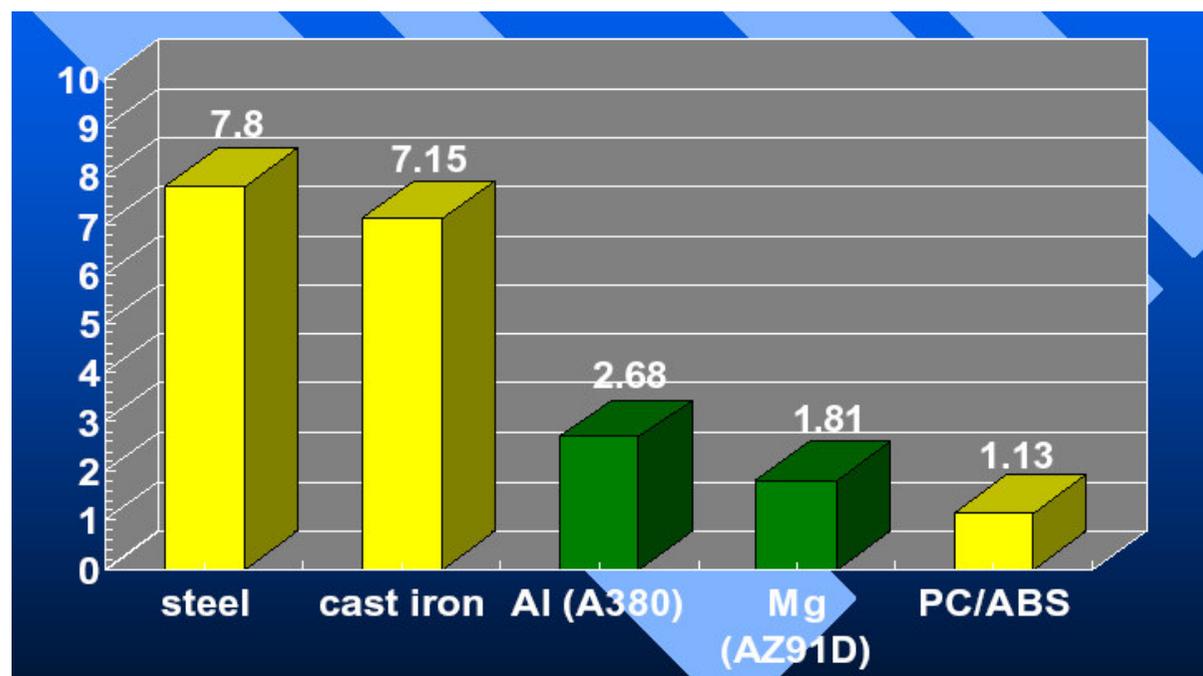


新材料的应用是实现发动机轻量化的主要途径

# 一、概述

## 汽车发动机轻量化新材料

- ℓ 轻质材料—铝合金、镁合金、钛合金、塑料、复合材料
- ℓ 高强度材料—高强度钢、高强度铸铁



轻质材料与钢铁材料密度对比(g/cm<sup>3</sup>)

# 一、概述

## 轻量化新材料的减重效果与成本

零件名称	轻量化材料	被替代的材料	减重效果, %	成本变动, %
缸体	蠕墨铸铁	灰铸铁	10-30	上升0-20
缸体	铝合金	灰铸铁	25左右	上升80-100
缸体	镁合金	铝合金	20-25	上升20-50
曲轴	球墨铸铁	钢	8-10	下降35左右
油底壳	塑料	铝合金	30-50	下降20-30
气阀室罩盖	塑料	钢	60左右	下降20左右
气阀室罩盖	塑料	铝合金	30左右	下降50左右
进气歧管	塑料	铝合金	25-30	下降30以上

## 二、五大件中的轻量化材料技术

### 2.1 缸体与缸盖

#### 材料技术的着眼点

□ 轻量化、高强度、优良的热疲劳性能

## 二、五大件中的轻量化材料技术

### 2.1 缸体与缸盖

汽油机



灰铸铁



铝合金

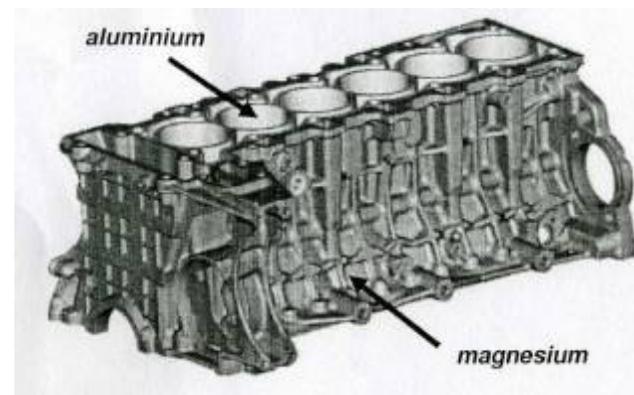
发展方向



镁合金

#### 需继续研究的课题

- ℓ 耐热镁合金材料开发
- ℓ 材料性能测试—静态机械性能、高周与低周疲劳性能、蠕变抗力、耐腐蚀性能、螺栓摩擦性能及载荷保持能力
- ℓ 结构优化设计
- ℓ 铸造工艺
- ℓ 毛坯检测技术



宝马6缸镁铝复合发动机缸体

## 二、五大件中的轻量化材料技术

### 2.1 缸体与缸盖

柴油机

蠕墨铸铁 - 当前柴油机缸体缸盖材料的热点与亮点



梅塞德斯-奔驰公司成功开发出了世界第一台全铝3升直喷式柴油机，并投入了批量生产。铝合金缸体的重量较铸铁减少了35公斤，其它铝零件还有缸盖、缸盖罩、水泵活塞、油底壳、加压分配器等。其功率密度达0.97千瓦/公斤，较原设计提高了20%。



E320V6柴油机铝合金缸体

## 二、五大件中的轻量化材料技术

### 2.2 曲轴

材料技术的着眼点

□ 疲劳强度高、耐磨

球墨铸铁 - 曲轴的最理想轻量化材料

#### 球铁曲轴优点

- ℓ 成本低—约为钢曲轴的50%—60%
- ℓ 重量轻—较钢曲轴轻8%—10%
- ℓ 阻尼高—吸振性好，减小振动与噪声
- ℓ 耐磨性好—石墨具有自润滑作用
- ℓ 节约资源
- ℓ 节约能源

## 二、五大件中的轻量化材料技术

### 2.2 曲轴

#### 未来发展趋势

#### 高爆压重型柴油机曲轴

- ℓ 曲轴用钢非调质化

#### 钢+圆角感应淬火

#### 中小功率发动机曲轴

- ℓ 球铁毛坯铸态化
- ℓ 材质趋向低强度
- ℓ 奥贝球铁的发展前景不明朗

#### 球铁+圆角滚压



## 二、五大件中的轻量化材料技术

### 2.3 连杆

材料技术的着眼点

□ 疲劳强度，轻量化

连杆轻量化材料技术发展路线



粉末锻造-连杆轻量化最现实的途径

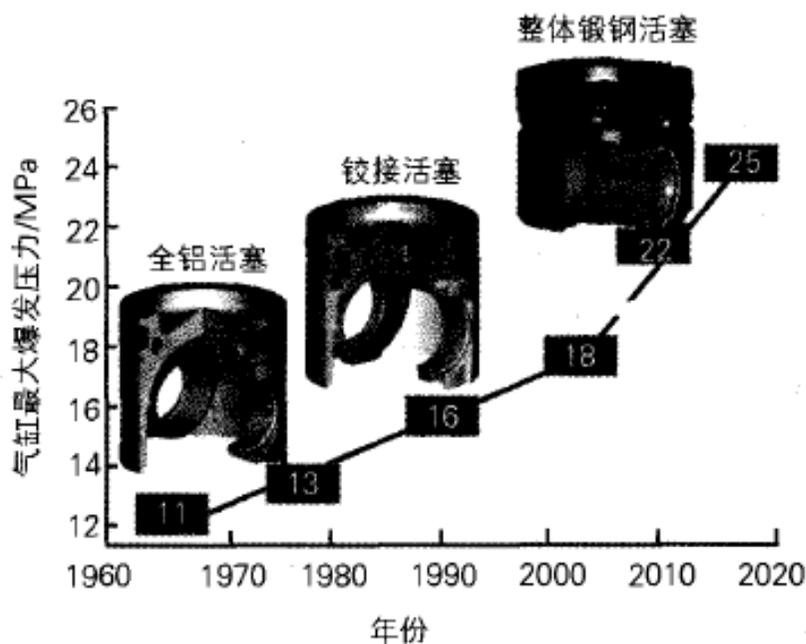
连杆的整体质量减轻10%以上，材料可节约40%，机加工工序减少47%左右，能源消耗可节约50%，零件生产成本可降低10%，尺寸精度高，重量误差小。



## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.1 活塞

#### 整体锻钢活塞—重型柴油机未来发展方向



北美市场重型柴油机活塞材料变化趋势



#### 整体锻钢活塞的特点

强度高—可承受最高的爆压达250bar  
热稳定性好，高刚度，长寿命  
尺寸紧凑—压缩高度可为缸径的一半  
配缸间隙小—具有极好的导向性能  
轻量化—重量与铝活塞接近

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.1 活塞

#### 材料技术的着眼点

□ 高温强度高，抗氧化、耐蚀，轻量化

#### 轻量化活塞新材料

##### 铝基复合材料

用于制造活塞整体或局部增强（燃烧室口边缘、环槽、销孔等部位）。具有重量轻、动载荷小、耐磨性好，与基体合金相比其高温强度和抗热疲劳性能明显提高，并具有较低的线膨胀系数等优点。

##### 碳纤维增强碳基复合材料

热膨胀系数低 ( $1\sim 5\times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ )， 约是铝合金的  $1/10$ ；

热导率高 ( $150\sim 180\text{w} / \text{m}\cdot\text{K}$ )；

密度小 (约为  $1.80\text{g} / \text{cm}^3$ )， 是陶瓷的  $1/2\sim 1/3$ ；

摩擦性能好 (摩擦系数为  $0.2\sim 0.3$ )， 且具有自润滑作用；

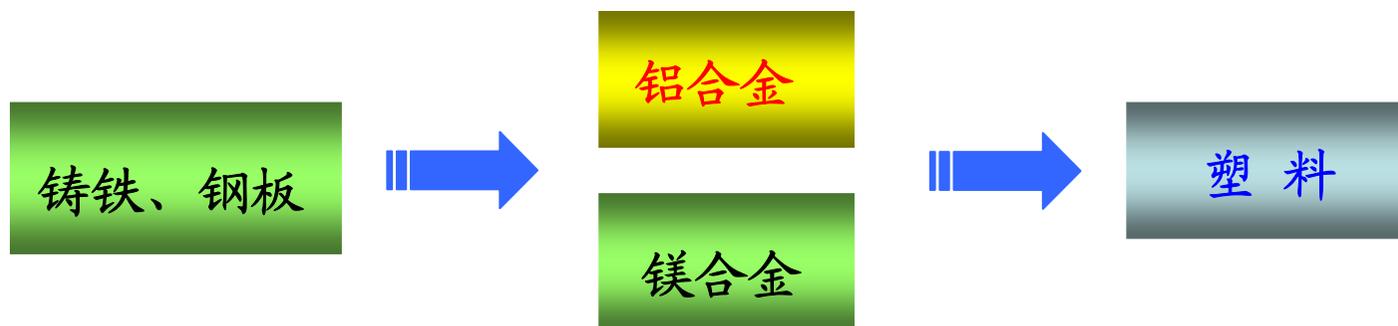
高温性能和热冲击性能优良。

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

壳体类零部件-轻量化材料技术未来最具潜力的应用领域

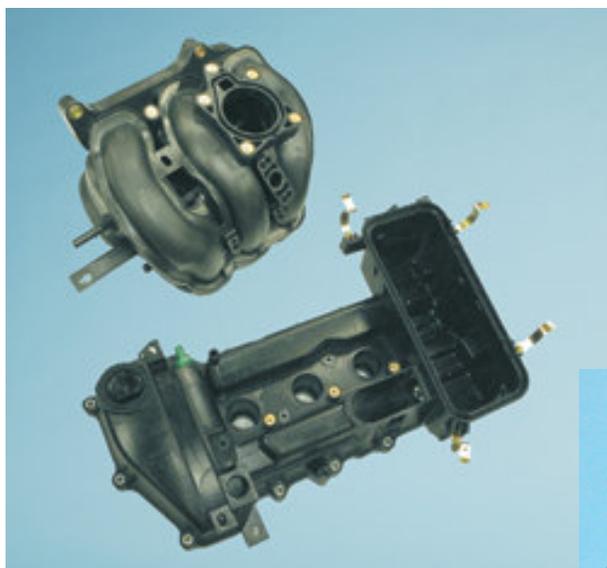
壳体类零部件轻量化材料技术发展路线



## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

#### 进气歧管

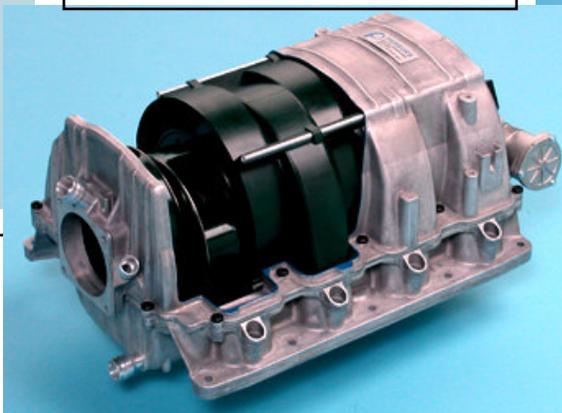


世界第一款塑料进气歧管与气阀室罩盖组合模块 采用玻纤增强尼龙PA6。较铝合金件减重25%

来源: SPE2004

世界第一款流量连续可变塑料进气歧管采用玻纤增强PF。较铝合金减重20-25%

来源: SPE2003



某重型柴油机铝合金进气歧管



带冷却水套的进气歧管 采用玻纤增强尼龙PA6。减重25%。直接成本和间接成本分别降低30%和50%

来源: SPE2013

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

#### 气阀室罩盖



某轿车发动机铝合金气阀室罩盖



某中型柴油机镁合金气阀室罩盖



北美首款  
大批量生产的  
玻纤增强  
PA气阀室罩  
盖 较冲压钢  
件减重66%，  
成本下降20%。

SPE2004



具有集油功能的塑料气阀室罩盖 采用SMC压模成型。较铝合金减重30%，成本下降50%。

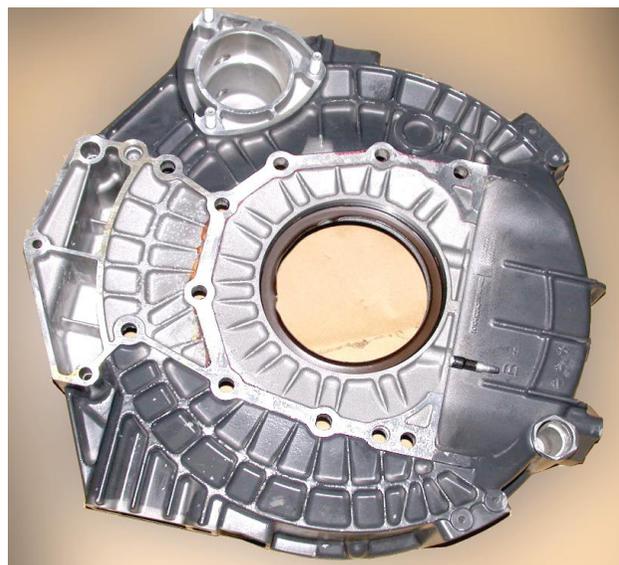
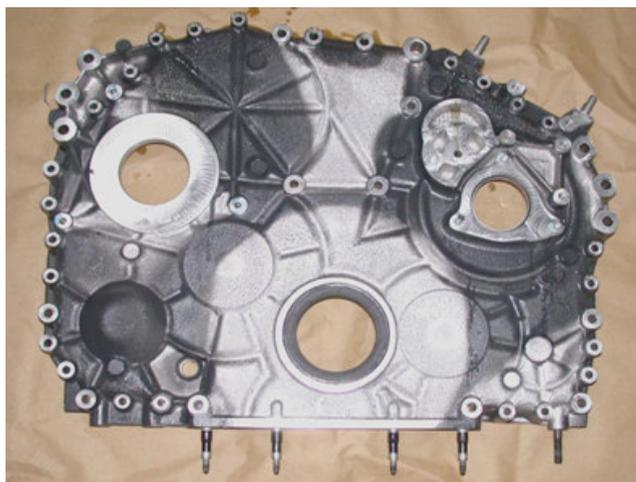
来源：SPE2007

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

齿轮室与飞轮室-当前正处于轻合金发展阶段

某重型发动机铝合金齿轮室



东风H300-20发动机镁合金  
齿轮室 (4550g)

某重型发动机铝合金飞轮室



## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

油底壳-目前以轻合金为主



某重型柴油机铝合金油底壳



某轿车发动机镁合金油底壳

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 壳体类零部件

#### 塑料油底壳-方兴未艾



世界第一款塑料油底壳,采用玻纤增强尼龙PA66。容积增大30%,较铝合金减重50%。应用于04款ActorsBR500重卡

来源: Automotive plastics news



铝合金-塑料复合油底壳组件,采用玻纤增强尼龙6/6,较全铝减重1.1kg,成本下降20-25%

来源: SPE2008



抗石击塑料油底壳,采用玻纤增强改性尼龙PA6。取代冲压件减重2.1磅成本下降30%。  
来源: SPE2009



新一代全塑油底壳,采用玻纤增强尼龙PA6,抗石击、耐高底温、耐盐。减重41%,工装成本下降50%。

来源: SPE2010

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

#### 其它管壳类零部件



玻纤增强PA66涡轮增压器进气歧管  
来源: SPE2005



PA机油滤清器外壳  
来源: SPE2004



PTFE /PPS复合曲轴法兰  
来源: SPE2004

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

#### 其它管壳类零部件

PPA冷却液多通  
来源：SPE2006



玻纤增强PP空气滤清器  
来源：SPE2004



气辅注射成型PPS冷却管  
来源：SPE2006

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

#### 其它管壳类零部件

SPE2006



PPA节温进水总成  
来源: SPE2006



玻纤增强PA6/6  
Turbo谐振消噪管



SPE2012



玻纤增强PA6/6机油滤清器  
来源: SPE2009

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

#### 其它管壳类零部件

玻纤增强PPA出水总成  
来源：SPE2012



注射/吹塑成型玻纤增强PPS冷却管  
来源：SPE2009



玻纤增强PA6/6 Turbo高温尾气进气套  
来源：SPE2013

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.2 管、壳类零部件

#### 其它管壳类零部件

PA4/6压缩空气冷却器导管/谐振管组件  
来源: SPE2014



TPV涡轮增压器热气输出管  
来源: SPE2013



带油封的PA4/10曲轴盖  
来源: SPE2014

## 三、其它零部件的轻量化材料技术

### 3.3 发动机附件

SMC Shaker Scoop  
来源: SPE2014



PPA无盖再注油组件  
来源: SPE2008



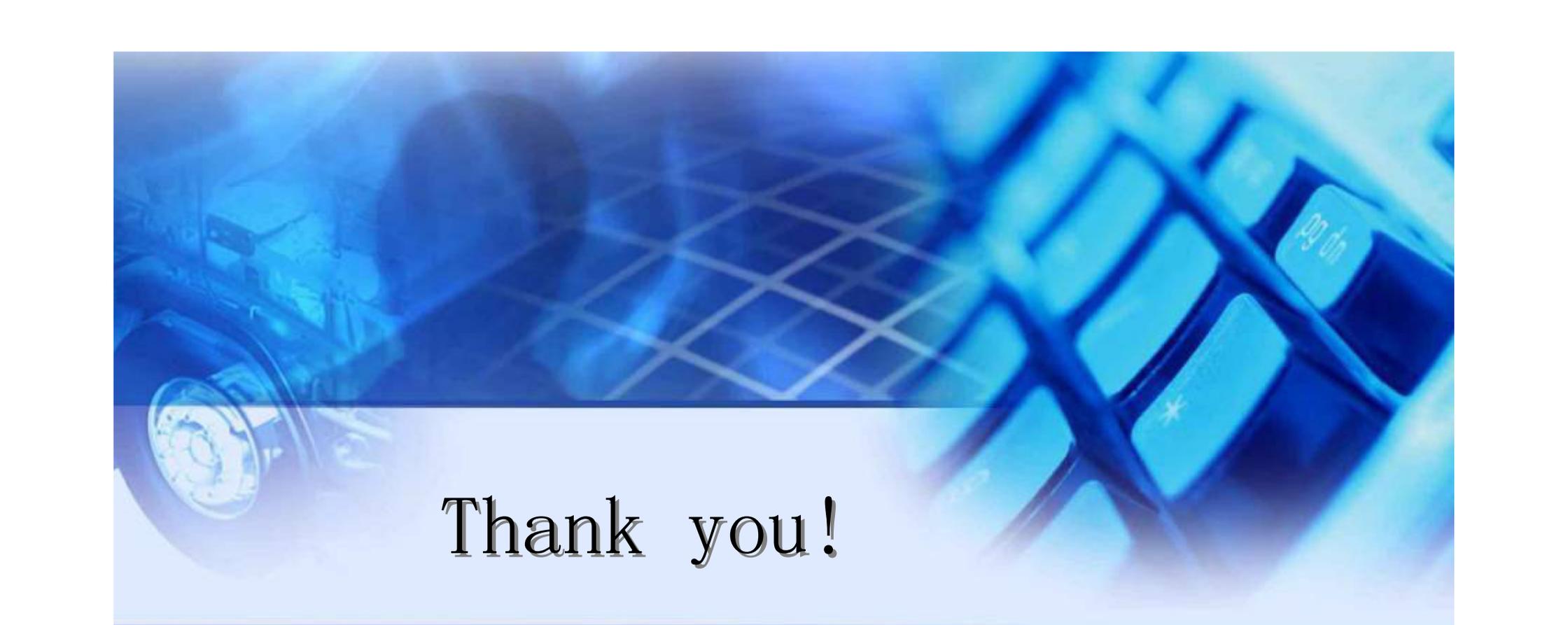
POM Fuel Filler  
Neck  
来源: SPE2014



全塑柴油机排放后处理系统 (尿素罐)  
来源: SPE2010

## 四、结束语

- 轻量化在今后相当长的一个时期内，仍将是汽车发动机材料技术发展的重要方向
- 塑料及其复合材料作为既可以减轻重量，又能降低成本的轻量化材料，必将在汽车发动机中得到更加广泛的应用



Thank you!