

第一章 发动机机械知识

一、轿车发动机总体构造

1. 轿车发动机的工作原理怎样？

轿车发动机是轿车的动力源。它将燃料和空气混合后燃烧，并把燃烧产生的热能转变成机械能。

轿车多采用汽油发动机（燃料主要是汽油）。单缸汽油发动机的基本结构如图 1-1 所示，活塞 3 装在气缸内，并通过活塞销 4 和连杆 5 与曲轴 9 相连。活塞在气缸内上下往复直线运动，在作功行程，通过连杆推动曲轴旋转，对外作功。另外，还设有进气门 14 和排气门 15，便于吸收新鲜可燃混合气和排除燃烧后生成的废气。

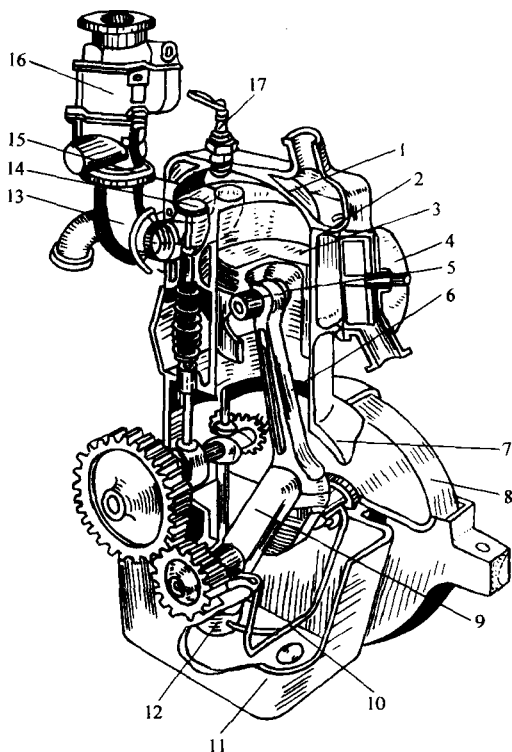


图 1-1 单缸四行程汽油发动机结构示意图

1—气缸盖 2—气缸 3—活塞 4—水泵 5—活塞销
6—连杆 7—曲轴箱 8—飞轮 9—曲轴 10—机油管
11—油底壳 12—机油泵 13—进气管 14—进气门
15—排气门 16—化油器 17—火花塞

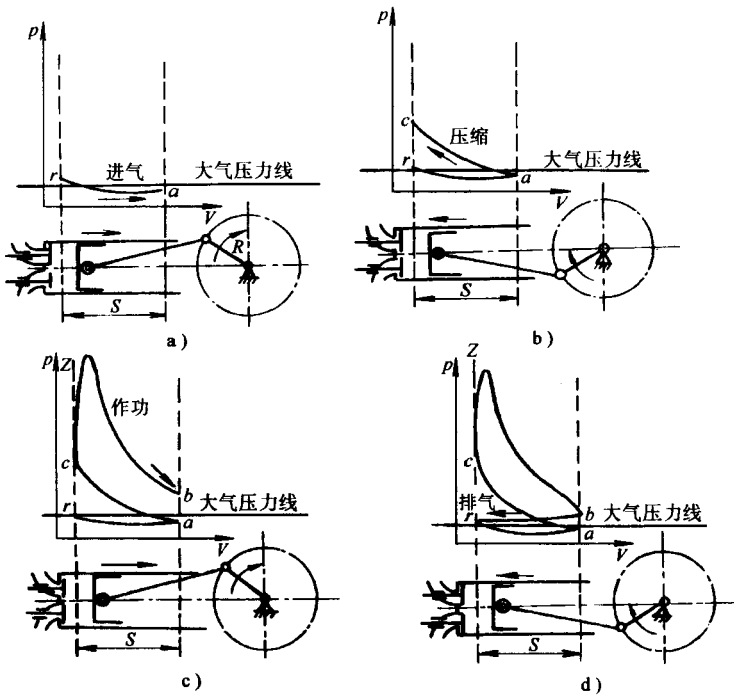


图 1-2 四行程汽油机示功图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 膨胀行程（做功行程） d) 排气行程

四行程化油器式汽油机的工作原理见图 1-2。

四行程发动机在气缸内完成一次热能转换为机械能，活塞在气缸内上下往复运转四次，曲轴相应旋转了两周。

(1) 进气行程（图 1-2a）。在进气行程中，活塞由上止点向下止点移动，活塞上方的气缸容积增大，此时（进气门打开，排气门关闭）气缸内的压力降低到大气压力以下，可燃混合气便经过进气管道与进气门被吸入气缸内。由于进气系统有阻力，进气行程终了时气缸内的压力低于大气压力（75~90kPa）。

进入气缸内的可燃混合气受气缸壁、活塞等高温机件的加热及与高温废气的混合，其温度远远高于外界温度（370~400K）

图 1-2 中，曲线 ra 表示进气行程。

(2) 压缩行程(图 1-2b)。在压缩行程中，曲轴推动活塞由下止点向上止点移动，进排气门全部关闭。

压缩行程结束时，可燃混合气被压缩在燃烧室中，其压力可达 $600\sim 1200\text{kPa}$ ，温度高达 $600\sim 700\text{K}$ 。

在示功图中，压缩行程用曲线 ac 表示。

(3) 作功行程(图 1-2c)。在作功行程中，进排气门仍完全关闭。在压缩行程中，活塞移动接近上止点时，气缸盖上的火花塞跳火，点燃被压缩了的可燃混合气。可燃混合气一旦点燃，迅速燃烧，放出大量热能。此时，可燃混合气的压力和温度迅速升高，最高压力约为 $3000\sim 5000\text{kPa}$ ，相应的温度为 $2200\sim 2800\text{K}$ 。高压气体推动活塞由上止点向下止点移动，通过连杆使曲轴旋转并输出机械能(对外作功)。

在示功图中，曲线 zb 表示作功行程。

(4) 排气行程(图 1-2d)

在作功行程中，活塞移动接近到达下止点时，排气门打开，可燃混合气燃烧后生成的废气，经排气门排入大气。排气行程中气缸内的压力稍高于大气压力，约为 $105\sim 115\text{kPa}$ ，排气行程结束时，废气的温度达 $900\sim 1200\text{K}$ 。

在示功图中，曲线 br 表示排气行程。

2. 轿车发动机构造怎样？

目前，轿车装用发动机多数是汽油发动机。汽油发动机主要由曲柄连杆机构、配气机构、燃料系、点火系、润滑系、冷却系和起动系组成。

一汽奥迪 100 型轿车发动机总体构造如图 1-3 所示，其零件分解如图 1-4 所示。

3. 轿车发动机主要性能指标有哪些？什么是发动机速度特性？

发动机主要性能指标有：有效转矩、有效功率和燃油消耗率。

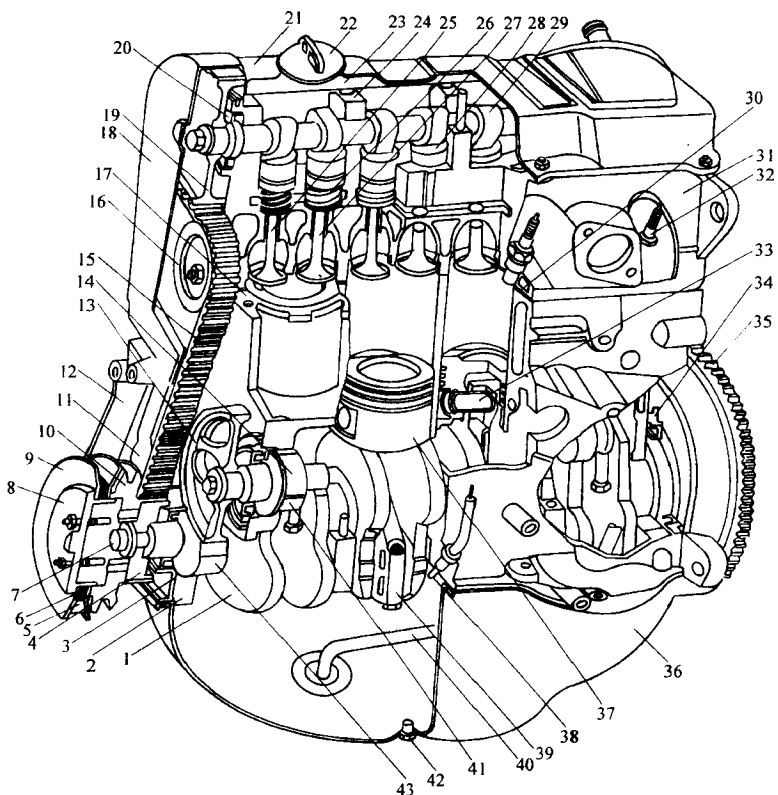


图 1-3 一汽奥迪 100 型轿车发动机总体构造

- 1—曲轴 2—曲轴轴承盖 3—曲轴前端封油挡板 4—曲轴正时齿轮 5—压缩机传动带 6—调整垫片 7—正时齿轮拧紧螺栓 8—压紧盖 9—压缩机曲轴带轮 10—水泵、发电机曲轴带轮 11—正时齿轮下罩盖 12—压缩机支架 13—中间轴正时齿轮 14—中间轴 15—正时传动带 16—偏心轮张紧机构 17—气缸体 18—正时齿轮上罩盖 19—凸轮轴正时齿轮 20—凸轮轴前端油封 21—凸轮轴罩盖 22—加油口盖 23—凸轮轴机油挡油板 24—凸轮轴轴承盖 25—排气门 26—气门弹簧 27—进气门 28—液力挺杆总成 29—凸轮轴 30—气缸密封垫片 31—气缸盖 32—火花塞 33—活塞销 34—曲轴后端封油挡板 35—飞轮齿环 36—油底壳 37—活塞 38—油标尺 39—连杆总成 40—机油集滤器 41—中间轴轴瓦 42—放油螺塞 43—曲轴主轴瓦

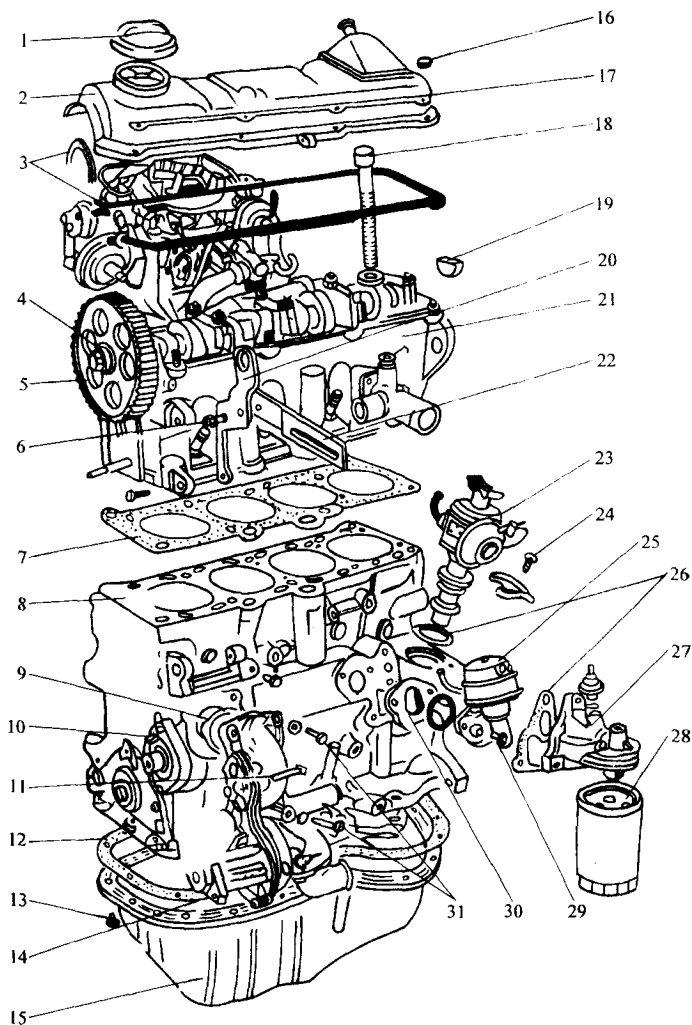


图 1-4 一汽奥迪 100 型轿车发动机零件分解图

- 1—加油口盖 2—气缸盖罩盖 3—罩盖垫 4—凸轮轴 5—凸轮轴齿形带轮 6—螺钉
 7—气缸垫 8—气缸体 9—密封圈 10—半月键 11—螺栓 12—机油盘垫 13—机
 油盘螺钉 14—冷却液泵 15—机油盘 16—螺母 17—加固垫铁 18—气缸盖螺栓
 19—螺塞 20—吊耳 21—气缸盖 22—发电机支架 23—分电器 24—螺栓
 25—汽油泵 26—密封垫 27—机油滤清器支架 28—机油滤清器
 29—汽油泵安装螺栓 30—中间法兰 31—螺栓

(1) 有效转矩 指发动机飞轮对外输出的转矩，通常用 M_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。有效转矩可在具有测功器的实验台上直接测定。

(2) 有效功率 指发动机飞轮对外输出的功率，用 P_e 表示，单位为 kW 。其大小与发动机的有效转矩及相应的发动机转速有关，可用下式表示：

$$P_e = \frac{M_e n_e}{9550}$$

式中 M_e ——发动机有效转矩 ($N \cdot m$)；
 n_e ——曲轴转速 (r/min)。

(3) 燃油消耗率 指发动机每发出 $1kW$ 有效功率，在 $1h$ 内所消耗的燃油克数，用 g_e 表示，单位为 $g/kW \cdot h$ 。在发动机台架上，测出某转速下的有效转矩及相应的曲轴转速，计算出有效功率 P_e ，再测出 $1h$ 消耗燃油的千克数 G_T 即可求出 g_e ($g/kW \cdot h$)：

$$g_e = \frac{G_T}{P_e} \times 10^3$$

式中 G_T ——发动机 $1h$ 消耗的燃油千克数 (kg/h)；
 P_e ——发动机的有效功率 (kW)。

发动机速度特性

指发动机有效转矩、有效功率及燃油消耗率随曲轴转速而变化的规律，可通过装有测功器的发动机台架试验测得。在发动机台架试验中，当节气门全开时，所测得的发动机速度特性称为发动机外特性（图 1-5）；节气门其它开度

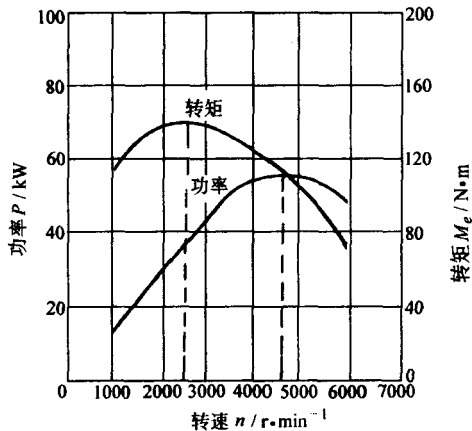


图 1-5 一汽奥迪 100 型轿车发动机外特性

下测得的速度特性称为发动机部分特性。

从图 1-5 中看出，与发动机最大转矩对应的发动机曲轴转速为 2500r/min；曲轴转速低于或高于 2500r/min 时，发动机转矩都减小。其原因是，曲轴转速低，每个进气行程时间延长，充气效率低，热量损失大；曲轴转速高，每个进气行程时间缩短，进气阻力大，充气效率也降低，且摩擦损失增加，使发动机转矩减小。

在发动机曲轴转速达 4600r/min 时，发动机得到最大功率。发动机转速在 1000~2500r/min，由于 M_e 与 n_e 都增加， P_e 急剧增加；转速在 2500~4600r/min， M_e 缓慢下降，而 n_e 增加很快， P_e 增加较快。发动机转速在 4600r/min， M_e 与 n_e 乘积最大；当发动机转速超过 4600r/min 时，由于 M_e 下降较快，虽然 n_e 仍在增加，使 P_e 开始下降。

4. 一汽奥迪 100 型轿车 1.8L 四缸发动机的技术数据有哪些？

奥迪 100 型轿车 1.8L 四缸发动机的技术数据如下：

发动机型式	四缸、直列、四行程汽油机
发动机排量	1.8L
气缸直径×活塞行程	81.0mm×86.4mm
压缩比	8.5
最大功率	66kW (5500r/min)
最大转矩	145N·m (3300r/min)
供油方式	化油器式
使用燃油	97RON
燃油消耗量(市区)	10.9L/100km
燃油箱容量	80L
冷却液容量	7.0L
机油消耗量	1.5L/1000km
机油牌号	VW5010 或相当 API-SF 级 SAE10-30 代用

5. 一汽奥迪 100V6 型轿车发动机的技术数据有哪些？

奥迪 100V6 型轿车发动机的技术数据如下：

发动机型式	V 型 6 缸汽油机
发动机排量	2.598L
气缸直径×活塞行程	82.5mm×81.0mm
压缩比	10
最大功率	110kW (5750r/min)
最大转矩	225N·m (3500r/min)
供油方式	多点电控汽油喷射
使用燃油	研究法最低 91 号
燃油消耗量	12.5L/100km
燃油箱容量	80L
冷却液容量	11L
汽油泵流量 (15S)	510mL
喷嘴流量 (30S)	50~100mL
燃油系统压力	0.38~0.42MPa
点火顺序	1—4—3—6—2—5
火花塞电极间隙	1.0mm

6. 一汽奥迪 100V8 型轿车发动机的技术数据有哪些？

奥迪 100V8 型轿车发动机的技术数据如下：

发动机型式	V 型 8 缸汽油喷射	
发动机型号	ABH	PT
发动机排量	4.2L	3.6L
气缸直径	84.582mm	81.026mm
活塞行程	92.71mm	86.36mm
压缩比	10.6	10.6
最大功率	206kW (5800r/min)	179kW (5800r/min)
最大转矩	400N·m (4000r/min)	332N·m (4000r/min)
供油方法	电控汽油多点喷射	电控汽油多点喷射
燃油箱容量	80L	80L

机油容量	7.6L	7.6L
冷却液容量	10.8L	10.5L
机油压力	0.2MPa	0.2MPa
火花塞间隙	0.81mm	0.81mm
怠速转速	710~770r/min	700~760r/min

7. 捷达(CL) 高尔夫型轿车 1.6L 发动机的技术数据有哪些？

捷达 (CL) 高尔夫型轿车 1.6L 发动机的技术数据如下：

发动机型号	EA-111
发动机排量	1.6L
气缸直径	81.0mm
活塞行程	77.4mm
压缩比	8.5
最大功率	53kW (5200r/min)
最大扭矩	121N·m (3500r/min)
供油方式	化油器式
燃油牌号	90RON
机油消耗量	1.0L/1000km

8. 捷达王轿车发动机的技术数据有哪些？

捷达王轿车发动机的技术数据如下：

发动机型号	EA113
发动机型式	直列四缸 每缸 5 气门，多 点电控汽油喷射
发动机排量	1.6L
气缸直径	81.0mm
活塞行程	77.4mm
压缩比	8.5
最大功率	74kW (5800r/min)
最大扭矩	140N·m (4000r/min)
燃油消耗量	5.68L/100km

9. 上海桑塔纳 LX 型轿车发动机的技术数据有哪些？

上海桑塔纳 LX 型轿车发动机的技术数据如下：

发动机型号	JV
发动机型式	直列四缸化油器式
气缸直径	81.0mm
活塞行程	86.4mm
发动机排量	1.8L
压缩比	8.5
最大功率	66kW (5200r/min)
最大扭矩	138N·m (3300r/min)
燃油消耗量	6.98L/100km

10. 上海桑塔纳 2000GLi 型轿车发动机的技术数据有哪些？

上海桑塔纳 2000GLi 型轿车发动机的技术数据如下：

发动机型号	AFE
发动机型式	直列四缸 每缸 2 气门，多点 电控汽油喷射
气缸直径	81.0mm
活塞行程	86.4mm
发动机排量	1.8L
压缩比	9.0
最大功率	72kW (5200r/min)
最大扭矩	150N·m (3100r/min)
燃油消耗量	6.1L/100km

11. 二汽富康 RG 型轿车发动机的技术数据有哪些？

富康 RG 型轿车发动机的技术数据如下：

发动机型号	TU3F2K
发动机型式	直列四缸，水冷化油器式
气缸直径	75.0mm
活塞行程	77.0mm
发动机排量	1.4L
压缩比	9.3

发动机排量	0.993L
压缩比	9.5
最大功率	38kW (5600r/min)
最大扭矩	77.5N·m (3200r/min)
燃油牌号	研究法 85 号
机油牌号	API 中的 SE 级
燃油箱容量	37L
机油容量	3.2L
冷却液容量	3.5L
火花塞间隙	0.70~0.80mm

二、曲柄连杆机构

15. 曲柄连杆机构的作用是什么？其组成如何？

曲柄连杆机构受气缸内可燃混合气燃烧后膨胀作功的气体压力的作用，将活塞在气缸内的往复直线运动变为曲轴的旋转运动，向工作机械输出机械能。

曲柄连杆机构由三部分组成：机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组。

16. 发动机机体组由哪几部分组成？它们的作用与结构特点如何？

发动机机体组由气缸盖 8（图 1-6）、气缸垫 10、气缸体 11（图 1-7）和油底壳 9 组成。

（1）气缸盖的作用与结构特点 气缸盖的作用是封闭气缸体上部，并与活塞顶构成燃烧室。

图 1-6 为捷达 / 高尔夫型轿车发动机气缸盖。它是由铝合金铸造而成的整体式气缸盖。

气缸盖内有冷却水套，端面上的冷却水孔与气缸体的冷却水孔相通，以使用循环的冷却水冷却燃烧室等高温机件。

火花塞螺纹孔设置在气缸盖的右侧（面对发动机），进、排气道则在气缸盖的左侧。气缸盖的上部有四道凸轮轴支承座，用以

支承凸轮轴。气缸盖上钻有纵贯全长的机油道，以满足液力挺杆工作的需要。气缸盖左侧开有两个回油孔，右侧开有两个通气孔，以使气缸盖的机油流回油底壳。

气缸盖上有均匀分布的螺栓通孔，以便通过螺栓与气缸体装

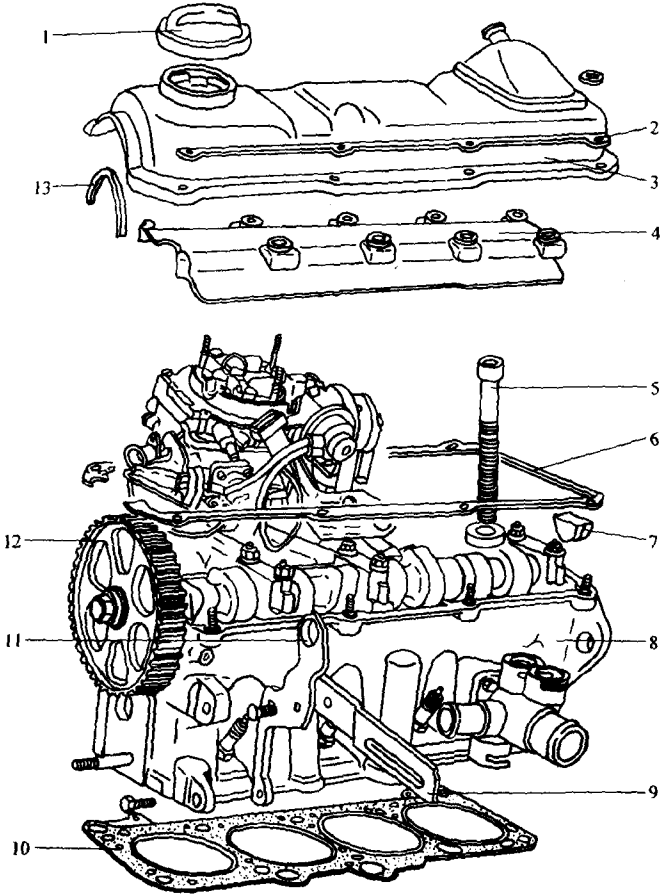


图 1-6 气缸盖

- 1—加油口盖 2—加强条 3—气缸盖罩 4—导油板（用于液力挺杆） 5—气缸盖螺栓 6—气缸盖罩密封垫 7—堵塞 8—气缸盖 9—发电机张紧板
10—气缸垫 11—吊耳 12—凸轮轴链轮 13—气缸盖罩密封垫

配。为使气缸盖与气缸体很好地密封，气缸盖螺栓的拧紧力矩要求十分严格。捷达 / 高尔夫型轿车气缸盖螺栓，第一步拧紧力矩为 $40\text{N} \cdot \text{m}$ ，第二步为 $60\text{N} \cdot \text{m}$ ；最后用扳手将气缸盖螺栓拧紧 $\frac{1}{2}$ 圈。

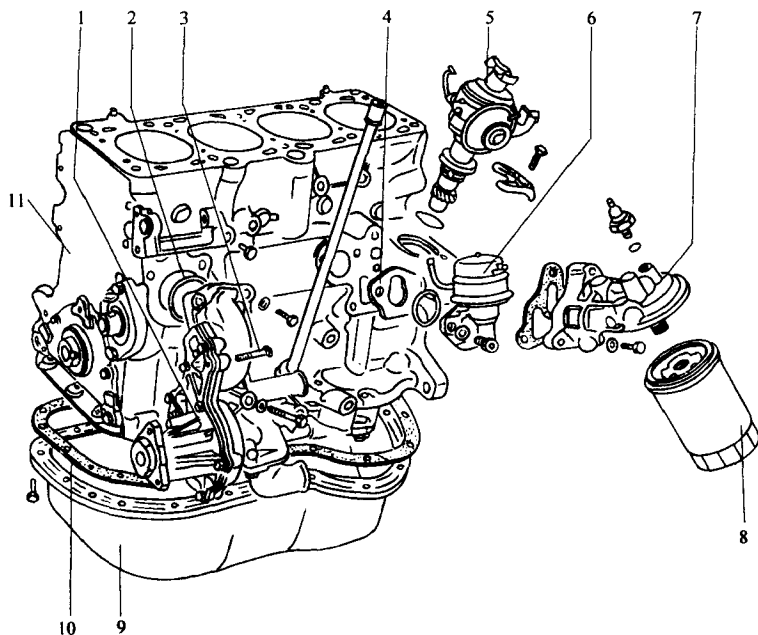


图 1-7 气缸体及附件

1—冷却水泵 2—O形环 3—钩头螺钉 4—中间法兰 5—分电器 6—燃油泵
7—机油滤清器支架 8—机油滤清器 9—油底壳 10—油底壳密封垫 11—气缸体

(2) 气缸垫的作用与结构特点 气缸垫 10(图 1-6)的作用是对燃烧室进行密封。

目前应用的气缸垫多数由金属与石棉及粘合剂压制而成。水孔及燃烧室孔周围有镶边，以防被高温气体烧坏。

气缸垫应具有一定的弹性，用以补偿接合面的平面度误差，提高其密封效果；在高温高压的可燃混合气及有压力的机油与冷却水的作用下，不被烧毁或变质；寿命长，有足够的强度，便于拆装和重复使用。

安装气缸垫时，应使光滑的一面朝向气缸体（一汽奥迪 100、捷达 / 高尔夫型轿车印有“oben”标记的一面朝向气缸垫），否则，气缸垫容易被气体冲坏。

(3) 气缸体的结构特点 轿车的气缸体用合金铸铁或铝合金整体铸造而成。

捷达 / 高尔夫型轿车的气缸体 11(图 1-7)上部为四个气缸，下部为曲轴箱，用以为活塞运动导向和安装曲轴。气缸体既是发动机的装配基体，又是曲柄连杆机构和配气机构有关部件的组成部分。气缸体为龙门式结构，可显著地提高气缸体的刚度和强度。气缸体上铸有五道主轴承座，用以安装全支承式曲轴。

(4) 油底壳的作用与结构特点 油底壳用于密封气缸体下部，并贮存机油。油底壳用薄钢板冲压而成，其前部较后部深，右部较左部深。油底壳底部装有放油螺塞。

17. 如何分解气缸体和气缸盖？

气缸体的分解步骤如下：

- 1) 把气缸体倒置在工作台上 拆下中间轴密封法兰 8(图 1-8)。
- 2) 拆下油封 7。装配时更换该油封。
- 3) 拆下中间轴 6。
- 4) 卸下曲轴油封 10。
- 5) 分几次拧松主轴承盖螺栓。
- 6) 第三道主轴承 4 为推力轴承，注意其定位及开口的安装方向。
- 7) 卸下曲轴 3。
- 8) 卸下主轴承和连杆轴承。装配时，更换它们。

气缸盖的分解步骤如下：

- 1) 卸下加油口盖 1(图 1-6) 和气缸盖罩 3。
- 2) 取出加强条 2 和气缸盖罩密封垫 6。装配时更换它们。
- 3) 拆下导油板 4，取下堵塞 7。
- 4) 卸下凸轮轴前端齿形带轮紧固螺栓。取下凸轮轴齿形带轮及键。

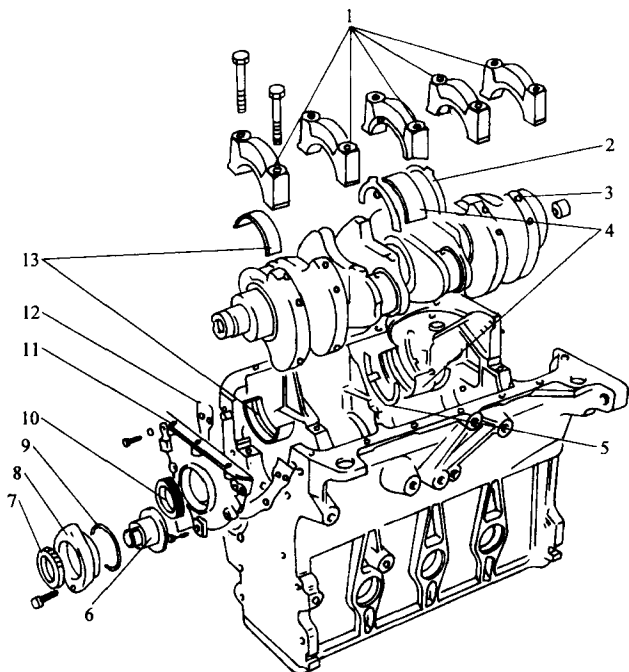


图 1-8 气缸体分解图

1—主轴承盖 2、5—止推垫片 3—曲轴 4—第三道主轴承 6—中间轴 7—油封
 8—中间轴密封法兰 9—O形环 10—曲轴油封 11—前密封法兰
 12—密封垫 13—第一、二、四、五道主轴承

5) 松开凸轮轴支承盖紧固螺母，取下支座盖。

6) 卸下凸轮轴。

7) 用专用工具压下气门弹簧，取下气门锁夹。

8) 拆下气门内外弹簧。

9) 取下气门及气门油封。

18. 如何检查气缸体和气缸盖？

气缸体的检查内容有以下几项：

1) 检查气缸体的磨损情况。

2) 检查气缸体水套内的水垢及锈蚀情况。

3) 检查气缸体上平面的变形及损伤情况。

气缸体磨损的检查如图 1-9 所示。沿气缸体轴线检查 、 、 三点,各点再按 A、B 两个方向检查二次。用量程为 50~100mm 的内径测量仪检查。捷达轿车发动机该项测量结果与额定尺寸的最大偏差为 0.08mm。

气缸盖的检查方法如图 1-10 所示,可用直尺和塞尺检查。一汽奥迪 100、捷达 / 高尔夫型轿车气缸盖平面的平面度均不超过 0.05mm

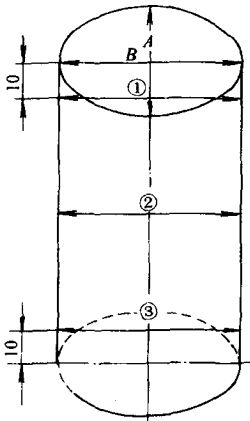


图 1-9 气缸体磨损的检查

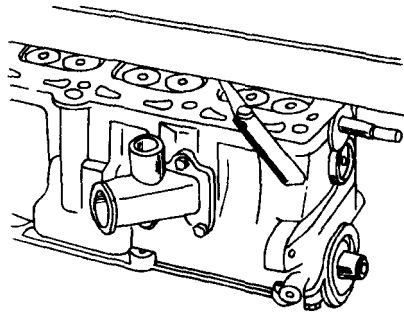


图 1-10 气缸盖平面度的检查

气缸盖平面的不平度若较大,可用磨削方法修磨。一汽奥迪 100 和上海桑塔纳型轿车气缸盖平面磨损极限值为 132.6mm 如图 1-11 所示。磨损量过大,会引起发动机爆振。

19. 活塞连杆组的作用是什么?其组成如何?

活塞连杆组的作用是将活塞承受的气体作用力经连杆传给曲轴,使活塞的

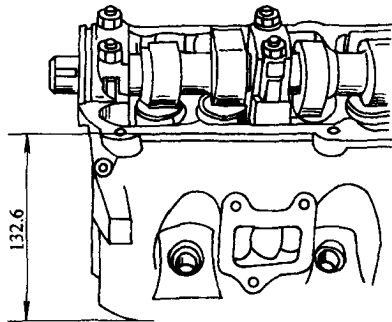


图 1-11 气缸盖平面的修磨