



第二部分

曲柄连杆机构检修



相关知识

一、机体组的构造

(一) 气缸体

1. 气缸体的构造

通常将气缸体与曲轴箱铸为一体,笼统地称为气缸体。气缸体内引导活塞做往复运动的圆筒就是气缸,气缸外面装有水套以散热。曲轴箱上有主轴承座孔,还有主油道和分油道。

气缸体的结构如图 2-1 所示。

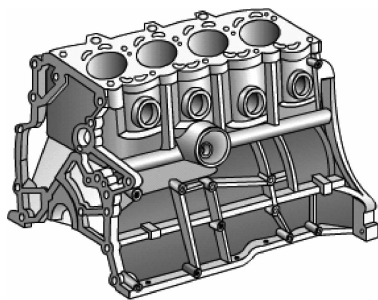


图 2-1 气缸体的结构

2. 气缸的排列形式

1) 直列式

发动机的各个气缸排成一行,一般是垂直布置的。直列式气缸体结构简单,加工容易,但发动机长度和高度较大。一般6缸以下的发动机多采用直列式。例如,奔驰 Citaro 客车、宝马轿车、雷克萨斯 RX270 轿车所使用的发动机均采用这种直列式气缸体,如图 2-2(a)所示。有的汽车为了降低发动机占据的高度,会把发动机倾斜一个角度布置在发动机舱内。

2) V 形

气缸排成两列,左右两列气缸中心线的夹角 $\gamma < 180^\circ$,称为 V 形发动机。V 形发动机与直列式发动机相比,缩短了机体长度和高度,增加了气缸体的刚度,减轻了发动机的重量,但加大了发动机的宽度,且形状较复杂,加工困难,一般用于 8 缸以上的发动机,6 缸发动机也有采用这种形式的气缸体,如图 2-2(b)所示。

3) 对置式

气缸排成两列,左右两列气缸在同一水平面上,即左右两列气缸中心线的夹角 $\gamma = 180^\circ$,称为对置式。它的特点是高度小,总体布置方便,有利于风冷。这种气缸应用较少,如图 2-2(c)所示。

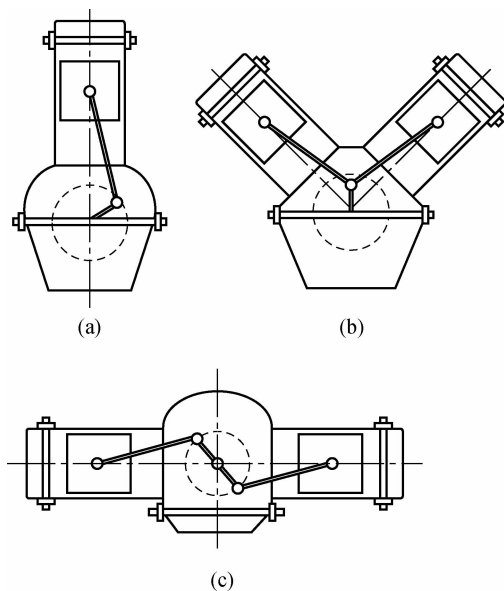


图 2-2 气缸的排列形式
(a)直列式 (b)V 形 (c)对置式

3. 气缸体的形式

1) 一般式

一般式气缸体的特点是油底壳安装平面和曲轴旋转中心在同一高度。这种气缸体的优点是机体高度小,重量轻,结构紧凑,便于加工,曲轴拆装方便。缺点是刚度和强度较差。一般式气缸体如图 2-3(a)所示。

2) 龙门式

龙门式气缸体的特点是油底壳安装平面低于曲轴的旋转中心。它的优点是强度和刚度都好,能承受较大的机械负荷。缺点是工艺性较差,结构笨重,加工较困难。龙门式气缸体如图 2-3(b)所示。

3) 隧道式

隧道式气缸体曲轴的主轴承孔为整体式,采用滚动轴承,主轴承孔较大,曲轴从气缸体后部装入。其优点是结构紧凑,刚度和强度好。缺点是加工精度要求高,工艺性较差,曲轴拆装不方便。隧道式气缸体如图 2-3(c)所示。

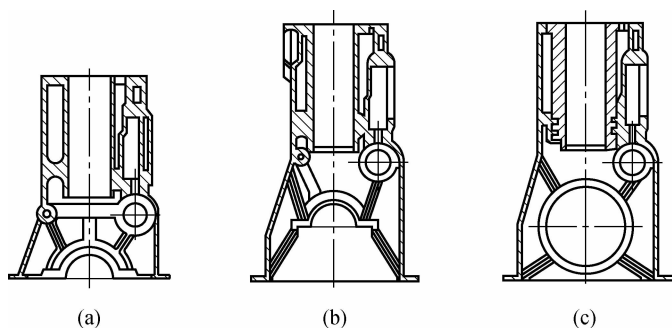


图 2-3 气缸体的结构形式
(a)一般式 (b)龙门式 (c)隧道式

4. 气缸磨损的规律与原因

1) 一般会磨成上大下小的倒锥形

(1) 润滑不良造成磨损。发动机工作时气缸上部润滑条件较差,这是因为润滑油不易喷到气缸壁上部,而其上部温度又高,使进入气缸的润滑油黏度下降不能形成良好油膜,甚至可能被烧掉。实验证明,当温度超过 250°C 时,完整的油膜很难形成,而接近燃烧室的气缸壁工作油温度高达 350°C ,另外进入气缸的可燃混合气中细小颗粒,不断冲刷缸壁也破坏了油膜,使气缸上部活塞环形成干摩擦或半干摩擦,加剧了气缸磨损。

(2) 高压造成的机械磨损。发动机工作时活塞环在自身弹力和气体压力作用下,压在气缸壁上,当活塞在气缸中往复运动时,活塞环与气缸壁相对运动而产生摩擦磨损,程度取决于活塞环作用在气缸壁上正压力的大小。正压力越大,润滑油膜的形成和保持越难,机械磨损越严重。在做功行程中,活塞下行气缸容积增大,这个压力将随之降低,这样气缸磨损不均匀,形状呈上大下小的倒锥形。

2) 最前端 1 缸和最后端 4、6 缸磨损大于其他缸

(1) 由于温度造成的酸腐蚀,1 缸和 4、6 缸散热条件好,温度低于其他缸,易造成酸性磨损。

(2) 1 缸和 4、6 缸受惯性力影响,是负荷输出端,所以磨损大于其他缸,且径向磨损大于轴向,形成椭圆形。

3) 径向小于轴向的椭圆形

发动机做功行程,连杆下行会对气缸产生一个侧向冲击,加大了主推力面磨损;在压缩行程时,也会有一个侧向力,产生同样侧向冲击,也加大了磨损,不过小于做功行程,这样就

会磨成径向小于轴向的椭圆形。

4) 腰鼓形

由于吸入尘土之类的杂质,中间的磨损速度最快,形成腰鼓形。

(二) 油底壳

1. 油底壳的功用

油底壳用于储存和冷却机油并封闭曲轴箱。

2. 油底壳的构造

汽油机的油底壳用薄钢板冲压而成;内部设有稳油挡板,以防止汽车晃动时油底壳油面产生较大的波动;最低处有放油塞;曲轴箱与油底壳之间有密封衬垫。油底壳的构造如图 2-4 所示。



图 2-4 油底壳的构造

(三) 气缸套

为解决成本与寿命之间的矛盾,气缸内镶了用耐磨的高级铸铁材料制成的气缸套,而气缸体则可用价廉的普通铸铁或质量轻的铝合金制成。这样,既延长了使用寿命,又节省了材料。

1. 干式气缸套

干式气缸套的特点是气缸套装入气缸体后,其外壁不直接与冷却水接触,而和气缸体的壁面直接接触,缸体壁厚一般为 1~3 mm。它具有整体式气缸体的优点,强度和刚度都较好。但加工比较复杂,内、外表面都需要进行精加工,拆装不方便,散热不良。干式气缸套如图 2-5(a)所示。

2. 湿式气缸套

湿式气缸套的特点是气缸套装入气缸体后,其外壁直接与冷却水接触,气缸套仅在上、下各有一圆环密封带和气缸体接触,壁厚一般为 5~9 mm。它散热良好,冷却均匀,加工容易,通常只需要精加工内表面,而与水接触的外表面不需要加工,拆装方便。缺点是强度、刚度都不如干式气缸套好,而且容易产生漏水现象,应该采取一些防漏措施。湿式气缸套如图 2-5(b)所示。

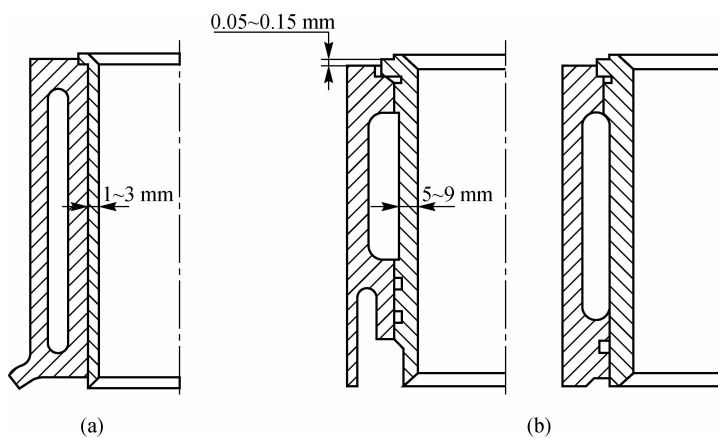


图 2-5 气缸套
(a)干式 (b)湿式

(四)气缸盖

气缸盖上有冷却水套、燃烧室、进/排气门道、气门导管孔和进/排气门座、火花塞孔(汽油机)或喷油器座孔。

桑塔纳发动机的气缸盖如图 2-6 所示。

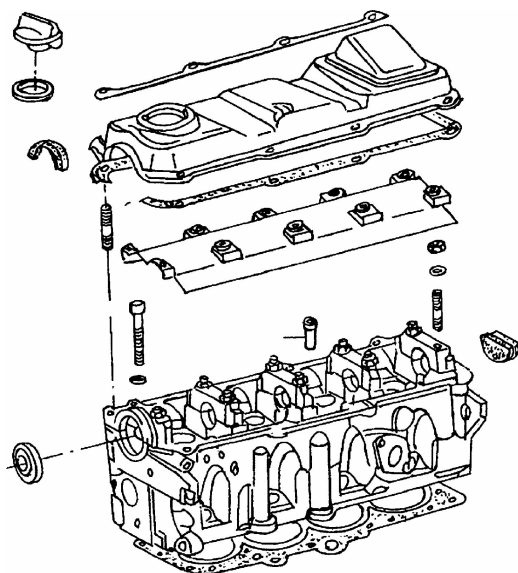


图 2-6 桑塔纳发动机的气缸盖

气缸盖安装在气缸体的上面,从上部密封气缸并构成燃烧室。它经常与高温高压燃气相接触,因此承受很大的热负荷和机械负荷。水冷发动机的气缸盖内部置有冷却水套,缸盖下端面的冷却水孔与缸体的冷却水孔相通。利用循环水来冷却燃烧室等高温部分。

缸盖上还装有进/排气门座、气门导管孔(用于安装进/排气门),还有进气通道和排气通道等。汽油机的气缸盖上加工有安装火花塞的孔,而柴油机的气缸盖上加工有安装喷油器

的座孔。顶置凸轮轴式发动机的气缸盖上还加工有凸轮轴轴承孔,用以安装凸轮轴。

气缸盖一般由灰铸铁或合金铸铁铸成。铝合金的导热性好,有利于提高压缩比,所以近年来铝合金气缸盖被采用得越来越多。

气缸盖是燃烧室的组成部分,燃烧室的形状对发动机的工作影响很大,由于汽油机和柴油机的燃烧方式不同,其气缸盖上组成燃烧室的部分差别较大。汽油机的燃烧室主要在气缸盖上,而柴油机的燃烧室主要在活塞顶部的凹坑上。

1. 汽油机燃烧室

汽油机燃烧室由活塞顶部及缸盖上相应的凹部空间组成。在结构上的要求为:一是要求尽可能紧凑,充气效率要高,以减小热量损失及缩短火焰行程;二是要使混合气在压缩终了时具有一定涡流运动,以提高混合气燃烧速度,保证混合气得到及时而充分的燃烧;三是表面要光滑,不易积炭。

2. 汽油机燃烧室的类型及特点

汽油机燃烧室常见的有楔形燃烧室、盆形燃烧室、半球形燃烧室三种类型,如图 2-7 所示。

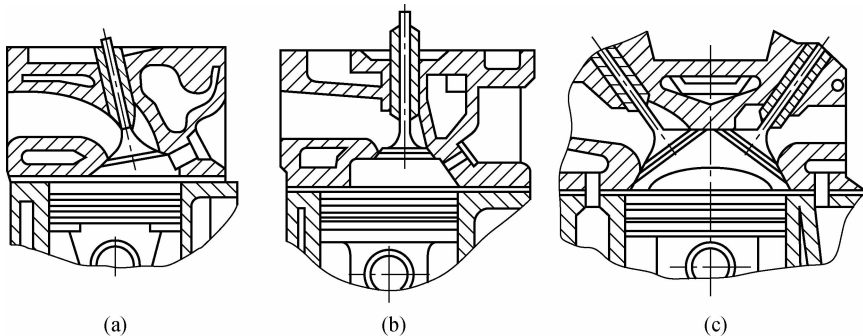


图 2-7 汽油机燃烧室

(a) 楔形燃烧室 (b) 盆形燃烧室 (c) 半球形燃烧室

1) 楔形燃烧室

楔形燃烧室的特点为气门斜置,气流导流较好,充气效率高;在压缩终了时能产生强烈挤气涡流;燃烧速度较快,CO 和 HC 排放较低,而 NO 的排放稍高。

2) 盆形燃烧室

盆形燃烧室的特点为气门平行于气缸轴线;结构简单,也较紧凑,可形成一定的挤气涡流;盆的形状狭窄,气门尺寸受限,换气质量较差,燃烧速度较低,CO 和 HC 排放较高,而 NO 的排放较低。

3) 半球形燃烧室

半球形燃烧室的特点为气门横向 V 形排列,因此气门头部直径可以做得较大,换气好;火花塞位于燃烧室的中部,火焰行程短,燃烧速度最高,动力性、经济性最好,是高速发动机常用的燃烧室;CO 和 HC 排放最少,而 NO 的排放较高。

(五) 气缸垫

气缸垫装在气缸盖和气缸体之间,其功用是保证气缸盖与气缸体接触面的密封性,防止漏气、漏水和漏油。

1. 金属-石棉垫

金属-石棉垫外包铜皮和钢片,且在缸口、水孔、油道口周围卷边加强,内填石棉(常掺入铜屑或钢丝以增强导热性能),如图 2-8(a)、图 2-8(b)所示。

2. 金属骨架-石棉垫

金属骨架-石棉垫以编织的钢丝网[见图 2-8(c)]或冲孔钢板[见图 2-8(d)]为骨架,外覆石棉,只在缸口、水孔、油道口处用金属片包边。

3. 纯金属垫

纯金属垫由单层或多层金属片组成,如图 2-8(e)所示。

安装气缸垫时,首先要检查气缸垫的质量和完好程度,所有气缸垫上的孔要和气缸体上的孔对齐,将光滑的一面朝向气缸体防止被高温气体冲坏。其次要严格按照说明书上的要求拧好气缸盖螺栓。拧紧气缸盖螺栓时,必须由中央对称地向四周扩展的顺序分 2~3 次进行,最后一次拧紧到规定的力矩。

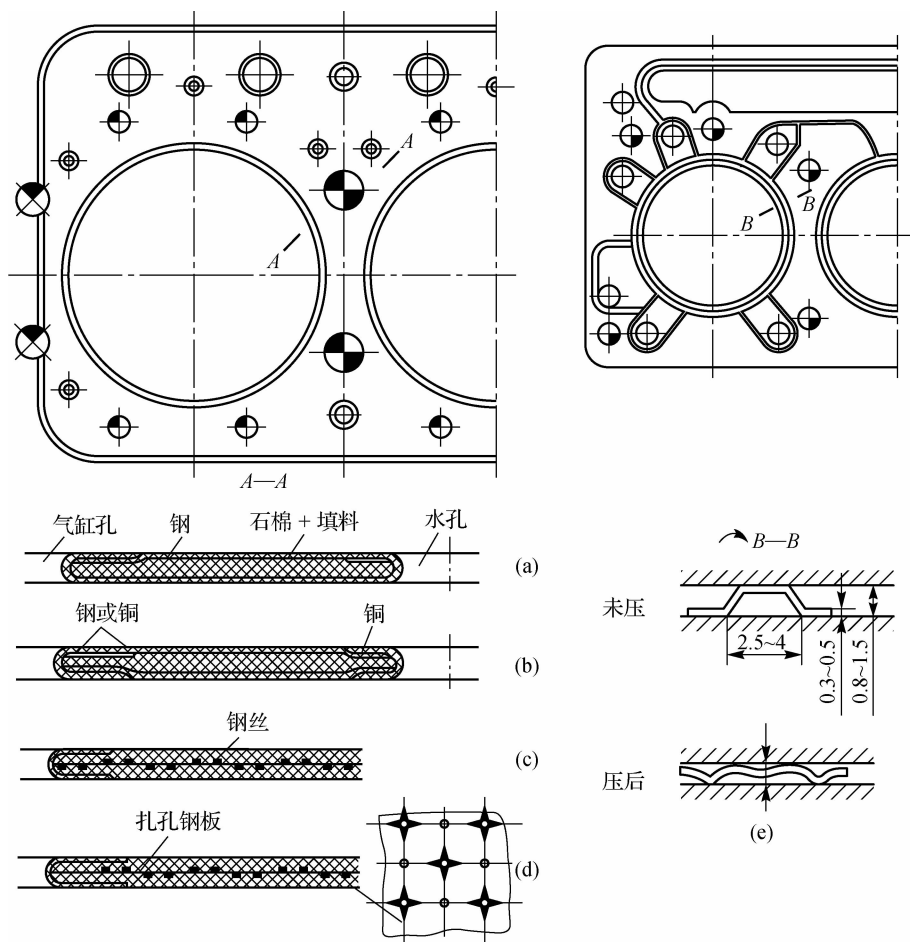


图 2-8 气缸垫的构造

二、活塞连杆组的构造

活塞和连杆相连,它可将燃烧室中燃烧产生的力传给曲柄。图 2-9 为活塞连杆组。

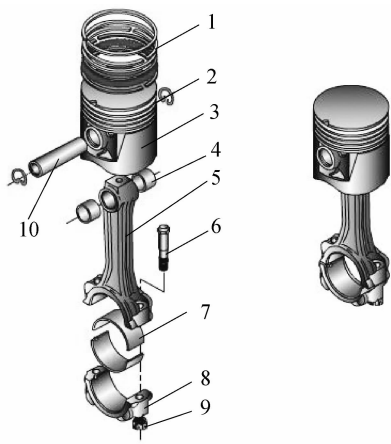


图 2-9 活塞连杆组

- 1—活塞环; 2—活塞销卡环; 3—活塞; 4—活塞销铜套; 5—连杆; 6—连杆螺栓;
7—连杆轴承; 8—连杆盖; 9—连杆螺母; 10—活塞销

活塞环槽限制和支承活塞环使它们都在对应的槽内。隔热槽被用于散发顶端环槽的热量。活塞顶部要承受燃烧产生的气体推力。不同的顶部形状可以实现制造商希望的不同结果。大多数发动机用的是平顶的活塞。如果活塞接近气门,凹式活塞可以提供额外的间隙。不同类型的球形或楔形活塞顶可以增大压缩比率。活塞销将活塞和连杆连接起来。通常有三种基本结构:活塞销挂在活塞上,与连杆相固定;活塞销挂在连杆上,与活塞相固定;活塞销与活塞和连杆固定。活塞裙是活塞底部和较低位置与环槽之间的区域,与活塞销成 90° 。活塞裙在和气缸壁连接处形成了一个容纳轴承的区域。为了有效地减小活塞和连杆的重量,很多制造商选择使用滑履式活塞裙。活塞裙表面的蚀刻帮助它存储油液,在活塞裙跟随气缸一起移动时油液可以起润滑作用,降低活塞裙的损害。活塞裙的一部分承受了推力载荷,对气缸壁做功。上面的两个环槽作压缩环。底部的环槽通常作油环。一些活塞在顶部压缩环附近会有一个孔用来在环后燃烧气体,使活塞环紧靠气缸壁,提高密封性。活塞的通道如图 2-10 所示。

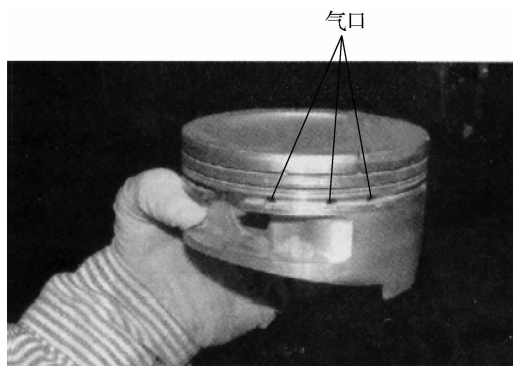


图 2-10 活塞的通道

(一) 活塞、活塞环和活塞销

1. 活塞

1) 活塞的使用性能

(1) 功用。承受气体压力,并通过活塞销和连杆驱使曲轴旋转。

(2) 工作环境。高温、散热条件差;顶部工作温度高达 $600\sim 700\text{ K}$,且分布不均匀;高速,线速度达到 10 m/s ,承受很大的惯性力。活塞顶部承受最高达 $3\sim 5\text{ MPa}$ (汽油机)的压力,使之变形,破坏配合连接。

(3) 材料。铝合金,质量小,导热性好,轻质的铝合金能在高转速的发动机中有效运动;灰铸铁。

(4) 工作要求。刚度和强度应足够大,传力可靠;导热性能好,耐高压、高温、磨损;质量较小,尽可能减少往复惯性力;耐热的活塞顶及弹性的活塞裙;活塞与气缸壁间有较小的摩擦系数。

2) 活塞的重要构件

活塞的基本结构包括顶部、头部和裙部三部分(见图 2-11)。



图 2-11 活塞的基本结构

(a)CG125 活塞 (b)WIN100 活塞

(1) 活塞顶部。活塞顶部是燃烧室的组成部分,主要作用是承受气体压力。活塞顶部的形状与选用的燃烧室的类型密切相关,活塞顶部的常见形状(见图 2-12)有以下几种:

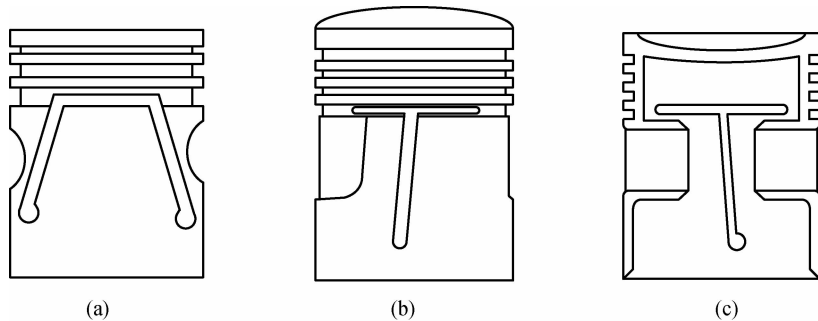


图 2-12 活塞顶部的常见形状

(a)平顶活塞 (b)凸顶活塞 (c)凹顶活塞

- ①平顶活塞。结构简单,制造容易,受热面积小,应力分布较均匀,多用在汽油机上。
- ②凸顶活塞。凸起呈球状,顶部强度高,起导向作用,有利于改善换气过程。
- ③凹顶活塞。凹坑的形状、位置必须有利于可燃混合气的燃烧,提高压缩比,防止碰撞气门。

(2)活塞头部。第一道活塞槽与活塞销孔之间的部分称为活塞头部(见图 2-13),活塞头部制作得较厚。主要用于安装活塞环、与活塞环一起密封气缸,防止可燃混合气漏到曲轴箱内,同时还能将顶部吸收的热量通过活塞环传给气缸壁。

(3)活塞裙部。从油环槽下端起至活塞最下端,包括销座孔的部分称为活塞裙部(见图 2-14)。

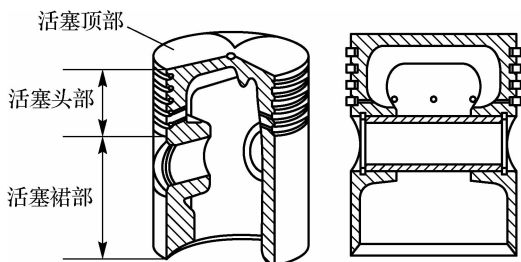


图 2-13 活塞头部

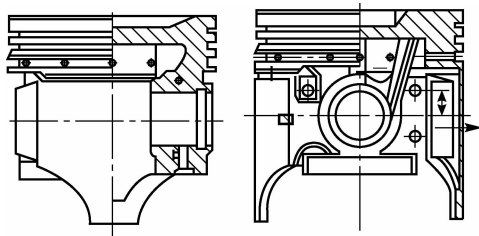


图 2-14 活塞裙部

对活塞在气缸内的往复运动起导向作用,并承受侧压力,防止破坏油膜。很多制造商在设计铸铝活塞时,喜欢在裙部加一个钢制支柱(见图 2-15)。这个支柱可以控制和减小膨胀。支柱是在制造过程中浇铸在活塞上的,但是在相同温度下钢和铝的膨胀程度是不一样的,钢材使得裙部的膨胀较小(见图 2-16)。这种设计使得活塞和气缸壁间有一个小的间隙,以减小活塞对气缸壁的冲击,减小噪声。

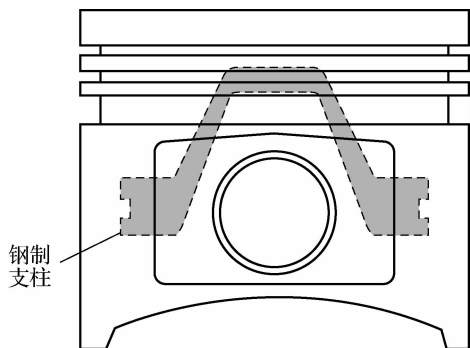


图 2-15 活塞裙部钢制支柱

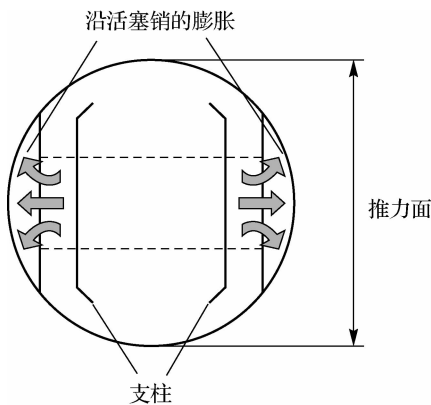


图 2-16 活塞裙部膨胀程度

3) 活塞变形分析与结构措施

活塞工作时,活塞顶部承受气体压力很大,特别是做功行程压力最大,汽油机高达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$,柴油机高达 $6 \sim 9 \text{ MPa}$,这就使得活塞产生冲击,并承受侧压力的作用(见图 2-17)。活塞在气缸内以很高的速度($8 \sim 12 \text{ m/s}$)往复运动,且速度在不断地变化,这就产生了很大的惯性力,使活塞受到很大的附加载荷。

活塞在工作时会产生机械变形和热变形,其变形形貌如图 2-18 所示。

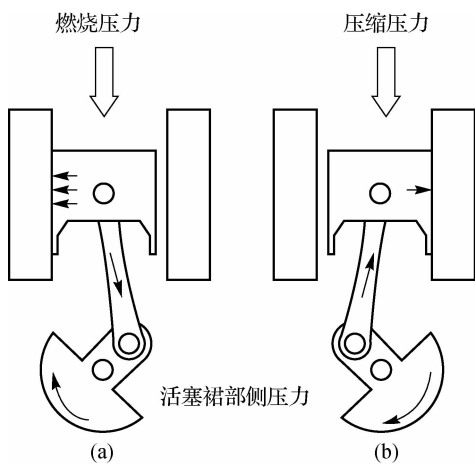


图 2-17 活塞裙部侧压力
(a)做功行程 (b)压缩行程

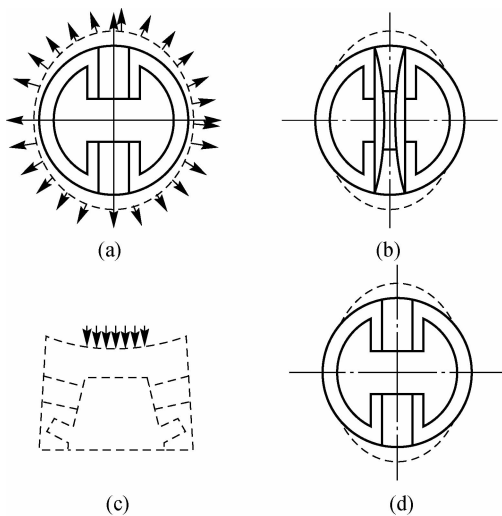


图 2-18 活塞变形形貌
(a)销座热膨胀 (b)挤压变形 (c)弯曲变形 (d)裙部变形

为使活塞在各种工况下均能与气缸壁间保持合理的密封和运动间隙,制造活塞时通常采取下列结构措施:

(1)预先做成阶梯形、锥形。活塞沿高度方向的温度很不均匀,活塞的温度是上部高、下部低,膨胀量也相应是上部大、下部小。为了使工作时活塞上下直径趋于相等,即为圆柱形,就必须预先把活塞制成上小下大的阶梯形、锥形。

(2)预先做成椭圆形。椭圆的长轴方向与销座垂直,短轴方向沿销座方向。这样活塞工作时变形趋近正圆。

(3)活塞裙部开槽。有的汽油机活塞开有 Π 形[见图 2-12(a)所示]或 T 形槽[见图 2-12(b)、图 2-12(c)]。横槽起绝热作用,减少热量向裙部传递,以减少裙部的膨胀变形。横槽开在油环槽中间时,可兼做油孔。纵槽使裙部更具有弹性,冷态下的装配间隙得以尽可能小,热态下又为裙部膨胀留有余地,防止活塞卡滞。

(4)为了减小铝合金活塞裙部的热膨胀量,有些汽油机活塞在活塞裙部或销座内嵌入钢片。

恒范钢片式活塞的结构特点就是这样的,由于恒范钢为含镍 33%~36% 的低碳铁镍合金,其膨胀系数仅为铝合金的 1/10,而销座通过恒范钢片与裙部相连,牵制了裙部的热膨胀变形量。

4) 活塞在工作时的保护措施

(1)在活塞裙部表面涂保护层,可改善铝合金活塞的磨合性,主要有铅、锡、石墨、磷保护层等。石墨铝-二硫化钼涂层经常被用于现代活塞裙表面来减小摩擦,延长其使用寿命(见图 2-19)。润滑涂层也可以减小摩擦,使活塞和气缸壁的间隙更小一些。



图 2-19 活塞裙部涂层

(2) 在安装活塞销时, 有的汽油机上活塞销孔中心线是偏离活塞中心线平面的, 向做功行程中受主侧压力的一方偏移了 $1 \sim 2 \text{ mm}$ 。如图 2-20 所示, 以减少换向时的敲击声, 且使裙部减小磨损。

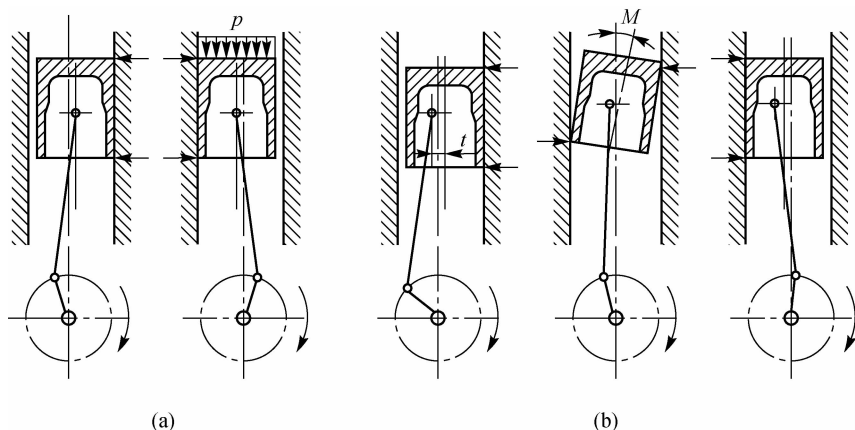


图 2-20 活塞销孔偏置的工作状况

(a) 活塞销对中布置 (b) 活塞销偏移布置

2. 活塞环

活塞环是具有弹性的开口环, 分为气环和油环两种, 其工作条件为高温、高压、高速、极难润滑。

1) 气环

气环的作用是保证气缸与活塞间的密封性, 防止漏气, 并把活塞顶部吸收的大部分热量传给气缸壁, 再由冷却水将其带走。

气环的断面形状有许多种, 其中矩形断面是最常见的 (见图 2-21), 矩形断面的气环随活塞做往复运动时, 会把气缸壁上的机油不断地送入气缸中, 称为气环的泵油作用, 其原理如图 2-22 所示。

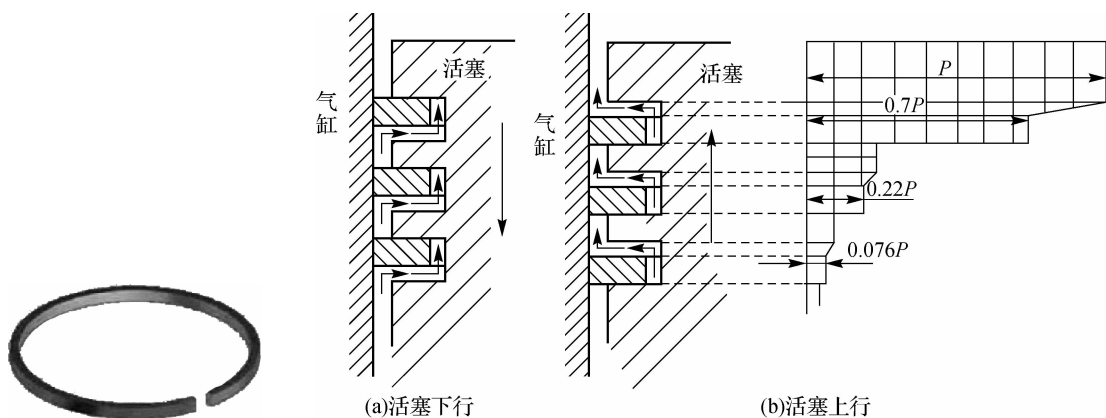


图 2-21 气环

图 2-22 气环的泵油原理

活塞下行时,由于环与气缸壁的摩擦阻力及环的惯性,环被压靠在环槽的上端面上,气缸壁面上的油被刮入下边隙和内边隙;活塞上行时,环又被压靠在环槽的下端面。结果第一道环背隙里的机油就进入燃烧室,窜入燃烧室的机油,会在燃烧室内形成积炭,造成机油的消耗量增加,另外上窜的机油也可能在环槽内形成积炭,使环在环槽内卡死而失去密封作用,划伤气缸壁,甚至使环折断,可见泵油作用是很有害的,必须设法消除。为了消除或减少有害的泵油作用,除了在气环的下面装有油环外,还广泛采用了非矩形断面的扭曲环。

2) 油环

油环分为普通油环和组合油环两种(见图 2-23)。油环的刮油作用如图 2-24 所示。

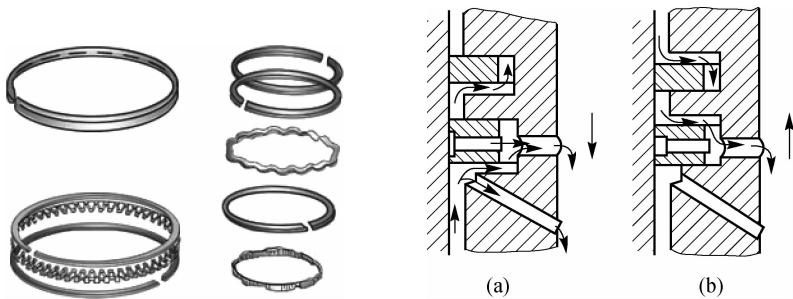


图 2-23 油环

图 2-24 油环的刮油作用
(a) 活塞下行 (b) 活塞上行

3. 活塞销

活塞销的作用是连接活塞和连杆小头,并把活塞承受的气体压力传递给连杆,其多采用优质低碳钢,表面淬火、精磨制成。

活塞销的内孔形状有圆柱形、两段截锥形以及两段截锥与一段圆柱的组合形(见图 2-25)。

活塞销的连接形式有全浮式和半浮式两种(见图 2-26)。全浮式活塞销能在连杆衬套和活塞销座中自由摆动,使磨损均匀;半浮式活塞销中部与连杆小头采用紧固螺栓联接,活塞销只能在两端销座内做自由摆动,多用于小轿车。

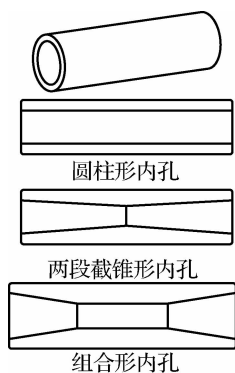


图 2-25 活塞销的结构

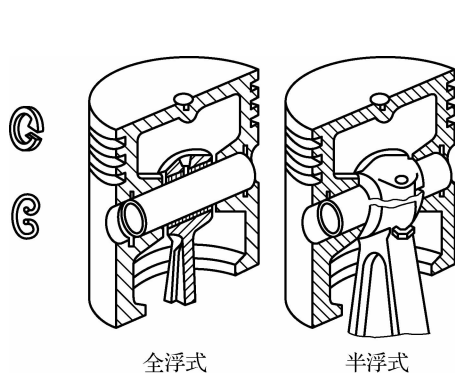


图 2-26 活塞销的连接形式

(二) 连杆和连杆轴承

1. 连杆

连杆工作时,承受活塞顶部气体压力和惯性力的作用,而这些力的大小和方向都是周期性变化的。因此,连杆受到的是压缩、拉伸和弯曲等交变载荷。这就要求连杆强度高,刚度大,重量轻。连杆一般都采用中碳钢和合金钢经模锻或辊锻后经机加工和热处理而成。

1) 连杆的作用

连杆连接活塞与曲轴,并把活塞承受的气体压力传给曲轴,使活塞的往复运动变成曲轴的旋转运动。

2) 连杆的结构

连杆主要由连杆小头、连杆杆身和连杆大头三部分组成,如图 2-27 所示。

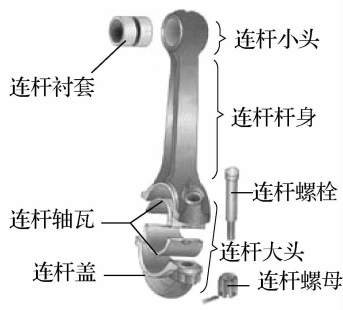


图 2-27 连杆的结构

连杆小头通过活塞销与活塞相连,连杆大头与曲轴的连杆轴颈相连。

连杆大头按剖分面的方向可分为平切式和斜切式两种(见图 2-28)。

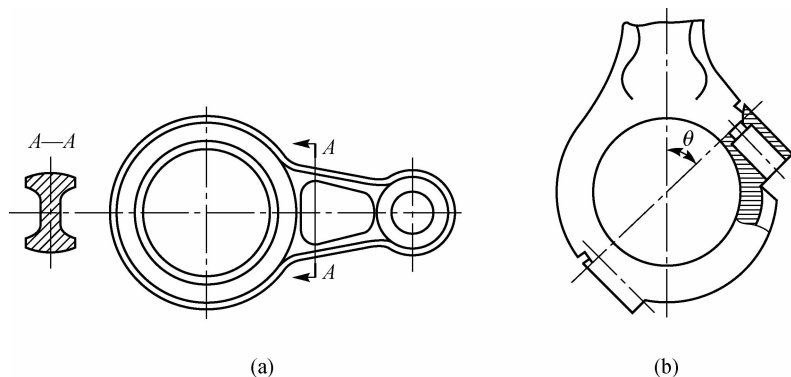


图 2-28 连杆大头形式
(a)平切式 (b)斜切式

3)V 形发动机连杆的布置形式

V 形发动机左右两侧对应两气缸的连杆是共同支撑于一个曲柄销上的,其布置形式有并列式、主副式和叉形式三种,如图 2-29 所示。

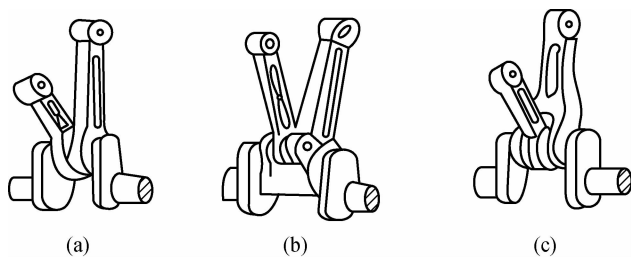


图 2-29 V 形发动机连杆的布置形式
(a)并列式 (b)主副式 (c)叉形式

2. 连杆轴承

为了减小摩擦阻力和曲轴连杆轴颈的磨损,连杆大头孔内装有瓦片式滑动轴承,简称连杆轴瓦,连杆轴承的结构如图 2-30 所示。连杆轴承在工作时承受着较大的交变载荷、高速摩擦、低速大负荷时润滑困难等苛刻条件。为此,要求轴承具有足够的强度、良好的减摩性和耐腐蚀性。当轴承使用中减摩性能变坏或间隙过大时,应直接更换新轴承。

连杆轴承的背面应有很高的光洁度。半个轴承在自由状态下并不是半圆形,即 $R_1 > R_2$ (见图 2-31),当它们装入连杆大头孔内时存在过盈,故能均匀地紧贴在大头孔壁上,具有很好的承受载荷和导热的能力,这样可以提高其工作可靠性和延长使用寿命。

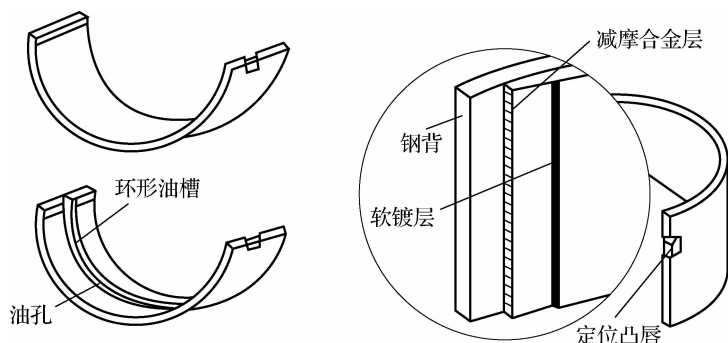


图 2-30 连杆轴承的结构

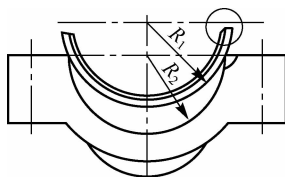


图 2-31 半个轴承的自由状态

目前,汽车发动机的轴承减摩合金主要有白合金(巴氏合金)、铜铅合金和高锡铝合金,其中,巴氏合金轴承的疲劳强度较低,只能用于负荷不大的汽油机,而铜铅合金和含锡量20%以上的高锡铝合金轴承均具有较高的承载能力与耐疲劳性,在汽油机和柴油机上均得到广泛应用。

现代发动机的连杆轴承是由钢背和减摩合金层组成的分开式薄壁轴承。钢背由厚1~3 mm的低碳钢制成,是轴承的基体,减摩合金层是由浇铸在钢背内圆上厚为0.3~0.7 mm的薄层减摩合金制成的。减摩合金具有保持油膜,减小摩擦阻力和易于磨合的作用。

在连杆轴承内表面上还加工有油槽,用以储油,保证可靠润滑。

为了防止连杆轴承在工作中发生转动或轴向移动,在两个连杆轴承的剖分面上,分别压出高于钢背面的两个定位凸唇。装配时,这两个凸唇分别嵌入连杆大头和连杆盖上的相应凹槽中。

三、曲轴飞轮组的构造

(一) 曲轴

曲轴用螺栓安装在主轴孔的轴承轴颈上。需要在曲轴的中心线加工,支承作用在曲轴上的重量和负荷。当活塞在做功行程推动连杆下降时,曲轴要承受很大的负荷。

1. 曲轴的功用

曲轴将活塞连杆组传来的气体压力转变为扭矩对外输出。它将往复运动转化为旋转运动,还用来驱动发动机的配气机构及其他各种辅助装置。

2. 曲轴的工作条件

曲轴受气体压力、惯性力、惯性力矩,承受交变载荷的冲击。

3. 曲轴的结构

曲轴主要由三部分组成,即曲轴前端(自由端)、若干个曲拐、曲轴后端(功率输出端)。一个曲拐由一个连杆轴颈和它两端的曲柄及主轴颈构成,如图 2-32 所示。曲轴的曲拐数取决于气缸的数目和排列方式,直列式发动机曲轴的曲拐数等于气缸数,V 形发动机曲轴的曲拐数等于气缸数的一半。

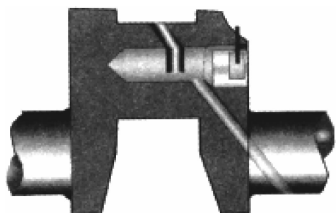


图 2-32 曲拐

4. 曲轴的材料

曲轴要求用强度、冲击韧性和耐磨性都比较高的材料制造,一般都采用中碳钢(汽油机)、合金铸铁(柴油机)、球墨铸铁等制成。

5. 曲轴的分类

曲轴通常可分为整体式和组合式两种。其中,整体式曲轴是比较常见的,为大多数汽车所采用;组合式曲轴常用于连杆大头为整体式的小型汽油机和以滚动轴承作为曲轴主轴承的发动机上。

6. 曲轴的组成

曲轴的组成如图 2-33 所示。

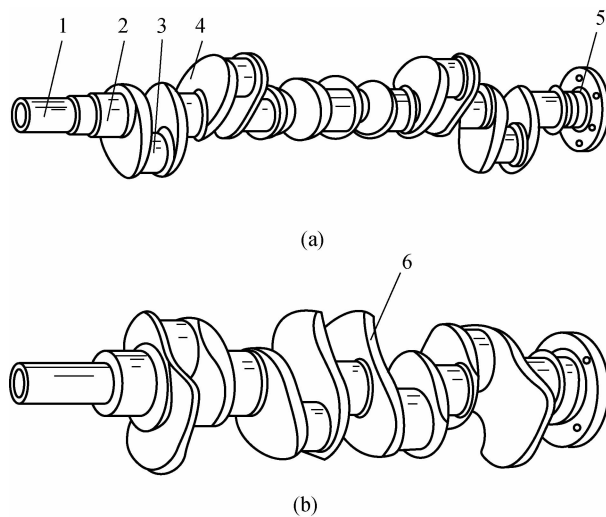


图 2-33 曲轴的组成

1—曲轴前端; 2—主轴颈; 3—连杆轴颈; 4—曲柄; 5—曲轴后端; 6—平衡块

(1) 主轴颈。主轴颈用于支承曲轴,主要可分为全支承式和非全支承式两种。全支承式曲轴的主轴颈数比气缸数目多一个,强度、刚度好,减小了磨损,用于柴油机和大部分汽油

机；非全支承式曲轴的主轴颈数少于或等于气缸数，载荷较大，缩短了曲轴的总长度。

(2) 连杆轴颈。连杆轴颈(见图 2-33)用于安装连杆大头，其部分中空兼作油道。

(3) 曲柄。曲柄(见图 2-34)即曲轴臂，用于连接主轴颈和连杆轴颈。

(4) 平衡块。平衡块(见图 2-34)的作用是平衡发动机不平衡的离心力和离心力矩，减轻或消除曲轴的弯曲变形。

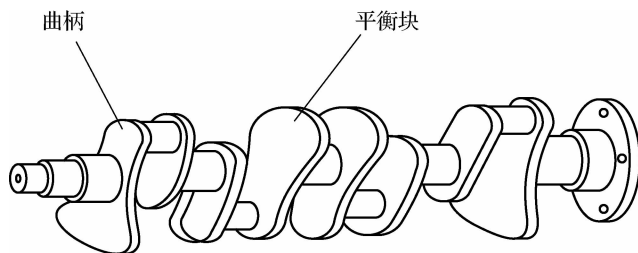


图 2-34 曲柄和平衡块

(5) 曲轴前端和曲轴后端。曲轴前端(见图 2-35)用于安装正时齿轮及附件；曲轴后端用于安装飞轮，其密封如图 2-36 所示。曲轴前、后端均设有挡油凸缘、回油螺纹(其原理见图 2-37)、油封等防漏装置。

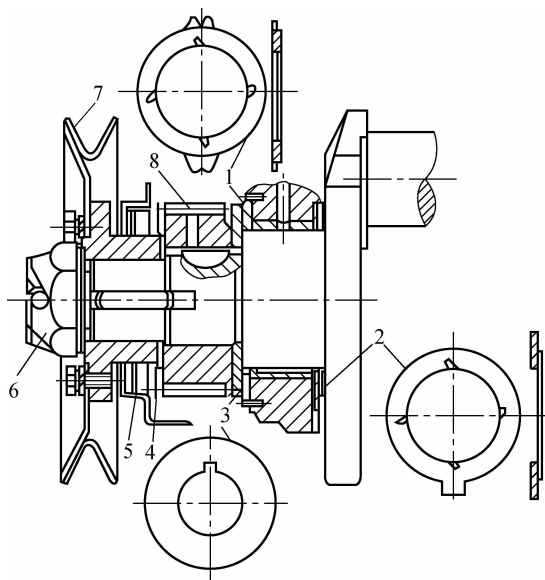


图 2-35 曲轴前端

1、2—滑动推力轴承；3—止推垫片；4—甩油盘；5—油封；
6—起动爪；7—带轮；8—正时齿轮

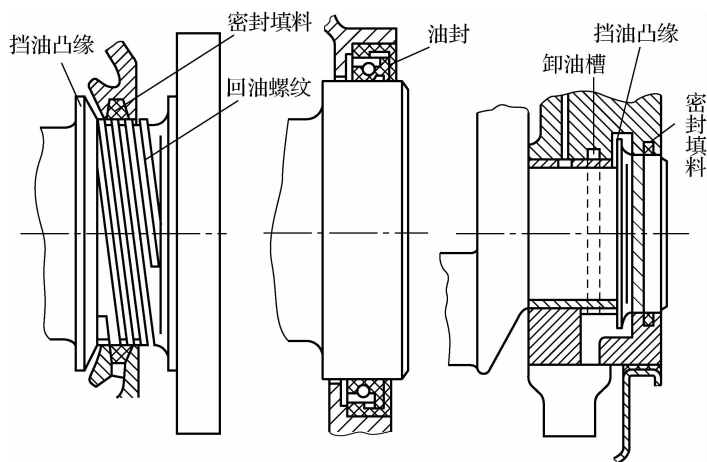


图 2-36 曲轴后端的密封

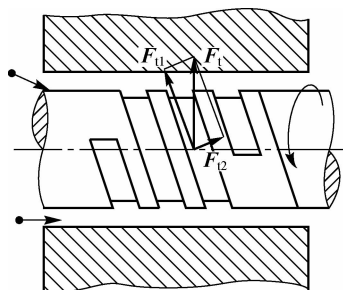


图 2-37 回油螺纹原理

(6) 曲轴的轴向限位。曲轴的轴向限位通常是通过在曲轴的前部、中部或后部安装止推轴承(翻边轴瓦)来实现的(见图 2-38)。

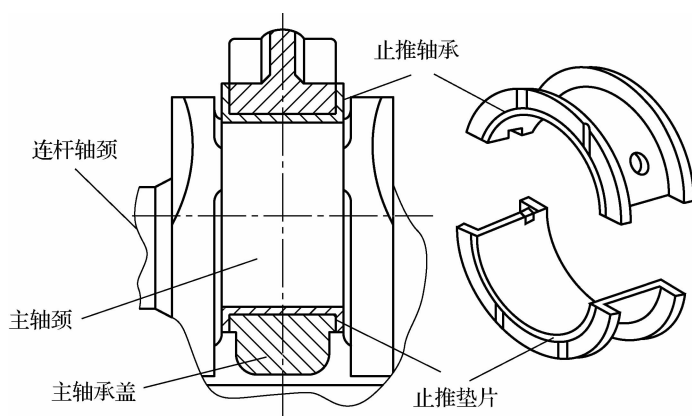


图 2-38 曲轴的轴向限位

(二) 曲轴轴承

曲轴作为转动件,必须与其固定件之间有一定的轴向间隙。而在发动机工作时,曲轴经

常受到离合器施加于飞轮的轴向力作用而有轴向窜动的趋势。曲轴轴向窜动将破坏曲柄连杆机构各零件的正确相对位置,因此,曲轴必须有轴向定位装置(一般是滑动推力轴承)。而在曲轴受热膨胀时,又应允许它能自由伸长,所以曲轴上只能有一处设置轴向定位装置。曲轴推力轴承的形式有两种:止推轴承的翻边部分,如图 2-39(a)所示;单边的具有减摩合金层的止推片,如图 2-39(b)所示,后者应用更为广泛。

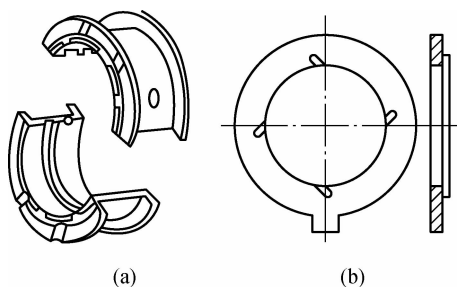


图 2-39 曲轴轴承

(三) 飞轮

飞轮是一个转动惯量很大的圆盘,其主要功用是将在做功行程中输入曲轴的动能的一部分储存起来,用以在其他行程中克服阻力,带动曲柄连杆机构越过上、下止点。保证曲轴的旋转角速度和输出扭矩尽可能均匀,并使发动机有可能克服短时间的超载荷。此外,飞轮又往往用作摩擦式离合器的驱动件。为了保证有足够的转动惯量的前提下,尽可能减小飞轮的质量,应使飞轮的大部分质量都集中在轮缘上,因而轮缘通常做得宽而厚。飞轮的结构如图 2-40 所示。

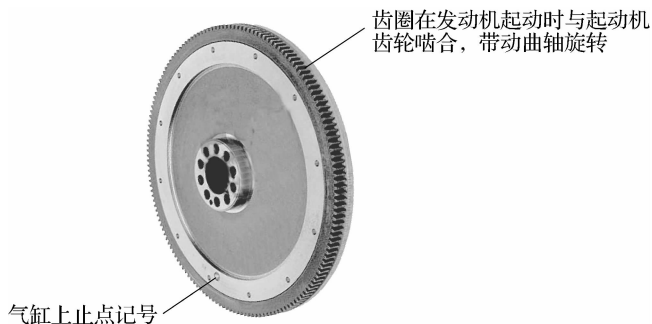


图 2-40 飞轮的结构

飞轮多采用灰铸铁制造,当轮缘的圆周速度超过 50 m/s 时,要采用强度较高的球墨铸铁或铸钢制造。

飞轮外缘上压有一个齿环,其作用是在发动机起动时,与起动机齿轮啮合,带动曲轴旋转。飞轮上通常刻有第一缸点火正时记号,以便校准点火时间。解放 CA6102 型发动机的正时记号是“上止点 1-6”,当这个记号与飞轮壳上的刻线对正时,即表示 1-6 缸的活塞处在上止点位置,如图 2-41(a)所示。东风 EQ6100-1 型发动机的飞轮上的这一记号为一个镶嵌的钢球,当钢球与飞轮壳上的刻线对准,为活塞处于上止点位置,如图 2-41(b)所示。

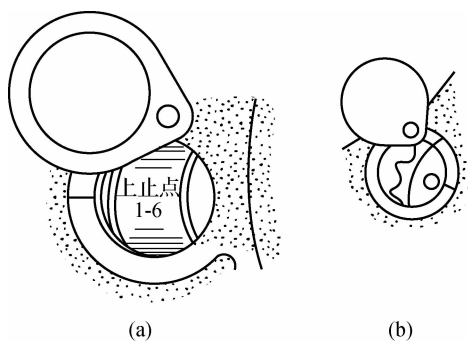


图 2-41 飞轮正时记号

飞轮与曲轴装配后应进行动平衡试验,否则在旋转时因质量不平衡而产生离心力,将引起发动机振动并加速主轴承的磨损。为了在拆装时不破坏它们的平衡状态,飞轮与曲轴之间应有严格的相对位置,用定位销或不对称布置螺栓予以保证。

项目实施

任务一 机体组的检修

任务实施目标

- (1) 维修气缸体。
- (2) 气缸磨损检查。
- (3) 维修气缸盖。

任务实施条件

- (1) 已经从车辆上拆下的发动机。
- (2) 维修工具配备齐全。

任务实施内容

一、气缸体的维修

(一) 气缸体的清洗

油污使用清洗液进行热清洗,油道用专用清洁刷和热肥皂水清洗。但应注意,铝合金气缸体不能使用碱性清洗液清洗;清洗后用清水冲刷,以免残留清洗液腐蚀机件;气缸体清洗后在加工表面涂润滑油防锈;油道清洁后,将油堵装好,防污。

(二) 气缸体裂损的检查与修理方法

(1) 用目视或 5 倍放大镜检查较大裂纹;用水压或气压试验检查细小裂纹,水压或气压试验压力为 $0.3 \sim 0.4 \text{ MPa}$ 。

(2) 气焊修理。适用于铸铁气缸体,裂纹较深(6 mm 以上)时需开焊接坡口。

(3) 电焊修理。适用于铸铁气缸体,焊前在裂纹走向前钻出止裂孔。

(4) 黏接修理。适用于铝合金气缸体,较大裂纹开 V 形槽灌注黏合剂,较小裂纹黏合剂贴加布层。

(5) 螺钉填补修理。用于较长的裂纹,钻止裂孔,用专用铜制螺钉排列或打补丁。

二、磨损检查

用量缸表从三个高度位置,纵、横两个方向,共 6 个部位检查。最大磨损量为最大测量直径与标准直径之差;圆度误差为同一高度、不同方向测量的两个直径之差的一半;圆柱度误差为不同高度、同一方向测量的两个直径之差的一半。不允许超过使用极限,否则应镗磨或镶套。

(一) 量缸表最大磨损量检查

使用量缸表测量时,先将量缸表调零(与标准缸径相对应),在测量时应注意以下几点:

- (1) 如果指针正好处在零位,说明被测缸径与标准尺寸的缸径相等。
- (2) 当指针顺时针方向离开零位,表明缸径小于标准尺寸的缸径。
- (3) 当指针逆时针方向离开零位,表明缸径大于标准尺寸的缸径。

量缸表磨损检查的结论如下:

(1) 气缸径向最大磨损基本上是处于垂直曲轴轴线平面内(对侧置气门,一般是面对进气门缸壁侧);气缸径向最小磨损在平行曲轴轴线平面内。

(2) 气缸轴向磨损上部大于下部形成圆柱度,最大磨损部位在第一道活塞环对应的上止点处。

(3) 缸口活塞环没触到的地方几乎没有磨损(形成缸肩)。

(二) 气缸镶套

气缸镶套包括干缸套和湿缸套。

(1) 干缸套。干缸套用专用工具,过盈量 $0.03 \sim 0.08 \text{ mm}$ 。

(2) 湿缸套。湿缸套高出缸体上平面 $0.05 \sim 0.15 \text{ mm}$ 。

(三) 缸体上平面的检查

(1) 工具:直尺和塞尺。

(2) 方法:在如图 2-42 所示的 6 个方向上检查。

三、气缸盖的维修

(一) 气缸盖裂损的检查与修理

气缸盖裂损的检查与修理参照气缸体的检查与修理方法。

(二) 气缸盖平面变形的检查与修理

(1) 检查方法: 与缸体上平面变形检查相同。

(2) 修理方法: 铝合金缸盖用压力校正, 铸铁缸盖用磨削或铣削。

(3) 注意事项: 缸盖磨削或铣削量累计不能超过 0.5 mm。

(三) 清除燃烧室积炭

燃烧室积炭用机械清除或化学清除。

(四) 火花塞座孔损坏的修理

火花塞座孔的修理分座孔钻大、攻制螺纹、拧入螺堵、加工座孔 4 步进行。

(五) 缸盖的拆装

缸盖螺栓按如图 2-43 所示顺序分 3~4 次逐渐拧紧或拧松。

注意: 缸盖螺栓拆装顺序和拧紧力矩。

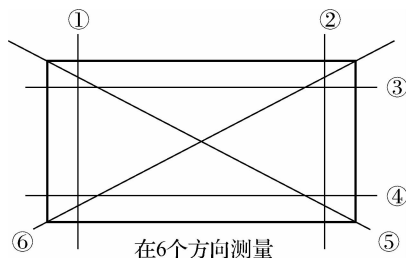


图 2-42 缸体上平面的检查

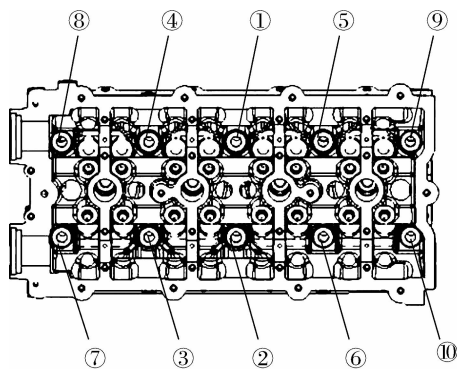


图 2-43 缸盖的拆装顺序

任务二 活塞连杆组的检修

任务实施目标

- (1) 维修活塞。
- (2) 选配活塞。
- (3) 拆装活塞销。

- (4)选配活塞销与座孔。
- (5)维修连杆。
- (6)选配活塞销与连杆。



任务实施条件

- (1)已经从车上拆下的活塞连杆组。
- (2)维修工具配备齐全。



任务实施内容

一、活塞的维修

(一)活塞的清洁

- (1)内容:清除积炭。
- (2)方法:机械刮除。
- (3)注意事项:不可刮伤环槽。

(二)活塞破损和烧蚀的检查与修理

- (1)检查部位:顶部。
- (2)方法:观察。
- (3)要求:较轻时允许继续使用,严重时必须更换。

(三)活塞环槽磨损的检查与修理

- (1)检查内容:活塞环与环槽的侧隙。
- (2)方法:用塞尺检查,如图 2-44 所示。

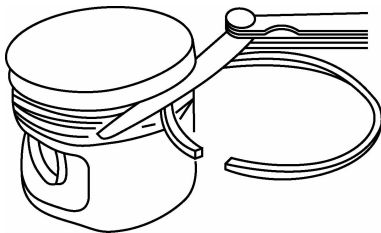


图 2-44 活塞环槽的检查

- (3)要求:超过允许极限时,换活塞环、活塞或两者都换。

(四)活塞刮伤的检查与修理

- (1)检查部位:活塞裙部。
- (2)方法:观察。
- (3)要求:严重时更换活塞,并查明原因排除故障。

活塞刮伤部位与原因如下:

- (1) 活塞裙部两侧同时刮伤,与气缸配合间隙过小。
 - (2) 垂直活塞销方向的一侧刮伤,润滑不良或长期大负荷工作。
 - (3) 两侧活塞销座处刮伤,活塞销与座孔配合过紧。
 - (4) 第一道环槽上部刮伤,与气缸配合间隙过大。
 - (5) 活塞销座一侧的上方刮伤,连杆变形。
- 曲轴轴向间隙过大、缸壁润滑不良、发动机过热均可导致活塞刮伤。

(五) 活塞的拆装注意事项

注意活塞顶部有无缸位标记,如果没有,应做缸位标记,注意活塞顶部有无向前标记。膨胀槽朝向侧压力小的一侧。

二、活塞的选配

(一) 活塞质量选配

- (1) 目的:保证发动机的平衡。
- (2) 要求:同组活塞的质量误差不应超过规定值。

(二) 活塞与气缸的选配

- (1) 目的:保证活塞与气缸的配合间隙。
- (2) 方法:测量活塞裙部直径和气缸直径,计算配合间隙。配合间隙不符合标准时,更换活塞及活塞环;修理气缸后换加大尺寸活塞。
- (3) 按标记选配:部分发动机的气缸和活塞尺寸均按公差分若干级,并在活塞和气缸上刻有标记。

三、活塞销的拆装

不换活塞一般不必拆活塞销;半浮式活塞销必须在压床上拆装;安装铝合金活塞的活塞销时,先将活塞在温度为 $70\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中或油中加热;拆下活塞销后,活塞和连杆按缸位摆放,并注意活塞与连杆上是否有安装方向标记,没有标记的应做标记。

四、活塞销与座孔的选配

选用与活塞同级修理尺寸的活塞销。半浮式活塞销:销放入座孔处于垂直方向,常温下销应能靠自重缓缓通过座孔。对于全浮式活塞销,活塞加热到 $70\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,应能用掌心将涂有润滑油的活塞销推入座孔。允许通过铰削或镗削销座孔达到配合要求。

五、连杆的维修

(一) 拆装注意事项

- (1) 连杆和连杆盖的组合有配对标记。
- (2) 杆身安装方向有朝前标记。

- (3)对应缸位有缸位标记。
- (4)连杆螺栓拧紧力矩要合适。

(二)连杆变形的检查和校正

- (1)检查内容:弯曲、扭曲。
- (2)危害:活塞、气缸、轴承异常磨损。
- (3)仪器:专用设备、塞尺。
- (4)要求:变形量超过允许极限,进行校正。

六、活塞销与连杆的选配

(一)半浮式活塞销与连杆小头的选配

- (1)配合性质:过盈。过盈量一般为 $0.01 \sim 0.04 \text{ mm}$ 。
- (2)注意事项:不允许试装。

(二)全浮式活塞销与连杆衬套的选配

- (1)配合性质:活塞销与连杆衬套间隙,连杆衬套与活塞座孔过盈。
 - (2)衬套类型:有加工余量、无加工余量两种。
- 连杆衬套铰修方法如下:
- (1)铰削或镗削衬套,注意控制加工余量。
 - (2)将活塞销装入衬套,借助台钳进行研磨。
 - (3)研磨后,活塞销与连杆衬套间隙应为 $0.004 \sim 0.010 \text{ mm}$,接触面积应在 75% 以上。

任务三 曲轴飞轮组的检修

任务实施目标

- (1)维修曲轴。
- (2)维修飞轮。

任务实施条件

- (1)曲轴飞轮组的拆卸。
- (2)维修工具的准备。

任务实施内容

一、曲轴的维修

(一)曲轴裂纹的检查与修理

- (1)裂纹部位:一般在轴颈两端过渡圆角处或油孔处。

(2)检查方法:观察、浸油敲击、磁粉探伤。

①磁粉探伤法。磁粉聚集多的地方有裂纹。

②浸油法。零件浸入柴油中片刻取出擦干净,并撒上一层白粉,然后分段用小锤轻轻敲击,在裂纹处即会出现油迹。

(3)维修方法:更换。

(二)曲轴弯曲的检查与修理

(1)设备:V形架、检测平台、百分表。

(2)检测位置:中间轴颈。

(3)检查项目:径向圆跳动误差。

(4)要求:一般不超过 0.04~0.06 mm。

(5)修理方法:冷压校正。

造成曲轴弯曲变形的主要原因如下:

(1)曲轴主轴颈各轴承孔不同轴或曲轴轴承松紧程度不一,造成主轴颈中心线不在一条直线上。

(2)曲轴主轴承和连杆轴承间隙过大,工作时受到冲击载荷。

(3)活塞质量不一致或发动机工作不平稳,使曲轴各轴颈受力不均衡。

(4)汽油机经常发生爆燃或超负荷严重。

(5)曲轴轴向间隙失调,增大后未调整,工作时前后窜动。

(6)点火提前角过大。

(7)行驶过程中常用紧急制动或上坡时换挡不及时,使曲轴受到较大的扭矩。

(8)曲轴存放不合理,长时间横放而无支承。

弯曲的检修过程如下:

(1)将曲轴夹持在车床或曲轴磨床上,或放在平台的V形架上。

(2)校正曲轴中心线水平面,校对百分表,使指针对准表盘0刻度。将百分表触头对准曲轴的中间一道主轴颈。

(3)缓慢转动曲轴一周,记取百分表最大和最小指示值,最大值和最小值之差的一半,即为曲轴的弯曲值。

(4)曲轴弯曲量小于 0.15 mm 时,可结合光磨;大于 0.15 mm 进行冷压,校正后的弯曲量不大于 0.05 mm。

(三)曲轴扭曲的检查与修理

(1)将曲轴放在平台的V形架上,将第1缸和第4、6两缸的连杆轴颈转到水平位置。

(2)用百分表分别测量第1缸连杆轴颈和第6、4连杆轴颈全平的高度差 ΔA ,则扭转变形的扭转角为

$$\theta = \frac{360^\circ \Delta A}{2\pi R} = \frac{57.3^\circ \Delta A}{R}$$

θ 为 $-8^\circ \sim +8^\circ$ 时,应在专用机床上校正; θ 大于 $+8^\circ$ 或小于 -8° 时一般报废。

(四)曲轴磨损的检查与修理

设备:外径千分尺。

检测位置:每个轴颈两端两个方向。

检查项目:最大磨损量、圆度误差、圆柱度误差。

要求:圆度和圆柱度误差一般不超过 $0.01 \sim 0.0125 \text{ mm}$ 。

修理方法:修磨曲轴或更换。

1. 连杆轴颈磨损的修理

连杆轴颈径向椭圆磨损的最大部位是在各曲颈的内侧面上,即靠曲轴中心线一侧。

连杆轴颈磨成椭圆的主要原因:发动机工作时,气体压力与惯性力的合力沿连杆方向的分力和连杆大头的离心力合力,作用在轴颈的内侧面上。合力使连杆轴颈的内侧面与轴承接触作用的时间最长,故使连杆轴颈的内侧面上磨损最为严重。

连杆轴颈沿轴线方向磨损的最大部位一般在机械杂质偏积的一侧和各个轴颈受力大的部位。连杆轴颈磨损后产生锥形,除因连杆弯曲以及气缸中心线与曲轴中心线不垂直等重要的原因外,还与曲轴油道的分布有关。通常通向连杆轴颈的油道是倾斜的,当曲轴旋转时,润滑油中的机械杂质在离心力作用下,将分离在油道的上侧壁上,这些机械杂质沿油道一边进入轴承配合副时,就聚集在供油孔的一侧,加速了轴颈一侧磨损,使连杆轴颈磨损成锥形。

当轴颈的圆度和圆柱度误差超过规定值时,应进行修磨。对中小型曲轴轴颈磨损严重的可采用电镀、热喷涂或堆焊等修理工艺进行修理,恢复尺寸,但采用这些方法修理时,必须注意消除热应力。

2. 主轴颈磨损的修理

主轴颈磨损后主要呈椭圆形,它的最大磨损部位是在靠近连杆轴颈的一侧。主要是由于主轴颈受到连杆、连杆轴颈及曲轴臂离心力的作用,使靠近连杆轴颈一侧与轴承发生相对较大的磨损。一般直列式发动机连杆轴颈的磨损比主轴颈的磨损大,这是由于连杆轴颈的负荷比主轴颈大,润滑条件差所造成的。

3. 曲轴磨损的修理

用外径千分尺测量曲轴主轴颈和连杆轴颈的圆度与圆柱度误差,其标准应为 0.01 mm ,磨损极限值为 0.02 mm ,超过标准要求时可用曲轴磨床按修理尺寸法对轴颈进行修磨。

(五) 曲轴轴向间隙的检查与调整

(1)设备:塞尺或百分表,撬杠。

(2)检测位置及项目:塞尺测止推垫片与曲轴轴承推面之间的间隙,百分表测曲轴的轴向窜动量。

(3)要求:一般轴向间隙为 $0.07 \sim 0.17 \text{ mm}$,允许极限为 0.25 mm 。

(4)调整方法:更换止推垫片或止推轴承。

(5)操作方法:将曲轴撬向一端,用塞尺检查第三道主轴承的轴向间隙,新的轴承轴向间隙为 $0.07 \sim 0.17 \text{ mm}$,磨损极限值为 0.25 mm 。轴向间隙超过极限值时,应更换第三道轴承两侧的半圆止推环。

(六) 曲轴径向间隙的检查与调整

已装好的发动机可用塑料塞规检查径向间隙。

塑料塞规的范围如表 2-1 所示。

表 2-1 塑料塞规的范围

测量范围/mm	色 别	型 号
0.025~0.076	绿	PG-1
0.050~0.150	红	PR-1
0.100~0.230	蓝	B-1P

曲轴径向间隙的检查与调整步骤如下:

- (1)拆下曲轴轴承盖。
- (2)清洁曲轴滑动轴承和曲轴轴颈。
- (3)将塑料塞规间隙测量片放在轴颈或轴承中。

二、飞轮的维修

常见故障是工作面磨损、齿圈磨损或断齿。

(1)工作面磨损修理方法为磨削或更换。注意:磨削总量不能超过 1 mm,新飞轮刻正时标记,安装后进行动平衡试验。

(2)齿圈磨损或损坏的修理方法为更换。注意:用铜冲和锤子拆装齿圈;新齿圈先加热后安装,加热温度不应超过 400 ℃;齿圈有倒角的一面应朝向曲轴。

知识拓展

平 衡 轴

现代小型高速发动机为减少噪声,采用平衡轴来提高曲轴的平衡度,如图 2-45 所示。平衡轴通常有两根、断面为半圆,使用胶木斜齿轮与曲轴齿轮啮合。平衡轴与曲轴转动方向相反,以消除曲轴旋转的惯性力。

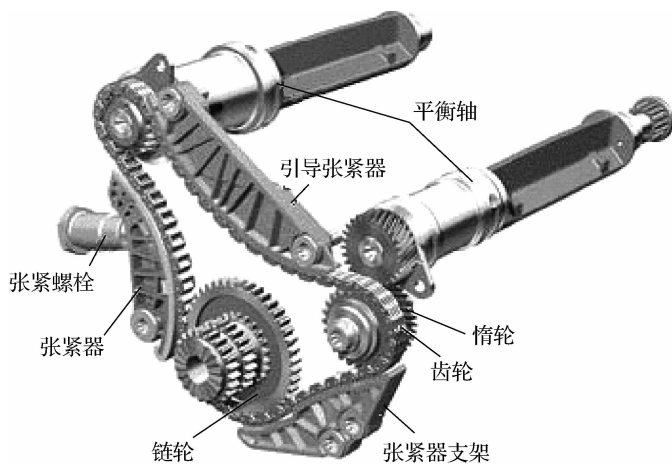


图 2-45 发动机平衡轴



- (1) 曲柄连杆机构由哪些主要零部件组成？其功用是什么？
- (2) 试述气缸体的三种排列形式及特点。
- (3) 汽油机的燃烧室有哪几种？有何特点？
- (4) 为什么要把活塞的横断面制成椭圆形，而将其纵断面制成上小下大的锥形或桶形？
- (5) 气缸体和气缸盖的检修内容和方法有哪些？
- (6) 活塞连杆组的检查与选配方法是什么？
- (7) 如何检查与校正连杆？
- (8) 曲轴的检查内容及方法有哪些？



第三部分

配气机构检修



相关知识

一、充气效率

新鲜空气或可燃混合气被吸入气缸愈多,则发动机可能发出的功率愈大。新鲜空气或可燃混合气充满气缸的程度用充气效率 η_v 表示。充气效率越高,表明进入气缸的新鲜空气越多,可燃混合气燃烧时可能放出的热量也就越大,发动机的输出功率越大。

二、配气机构的功用

配气机构是控制发动机进气和排气的装置。其功用是根据发动机的工作顺序和各缸工作循环的要求,定时开启和关闭进、排气门,使新鲜可燃混合气(汽油机)或空气(柴油机)准时进入气缸,废气得以及时排出气缸。进入气缸内的新鲜可燃混合气或者空气对发动机性能的影响很大。进气量越多,发动机的有效功率和扭矩越大。因此,配气机构首先要保证进气充分,进气量尽可能多。同时,废气要排除干净,因为气缸内残留的废气越多,进气量将会越少。其次,配气机构的运动件应该具有较小的质量和较大的刚度,以使配气机构具有良好的动力特性。

三、配气正时及气门间隙

(一)配气正时

发动机工作时,进入气缸内的新鲜空气量越多,发动机的动力性越好。影响进气量的因素很多,而进、排气门开启和关闭的时刻便是其中之一。

以曲轴转角表示的进、排气门开闭时刻及其开启的持续时间称为配气正时(配

气相位)。

四冲程发动机的每一个工作行程,其曲轴旋转 180° 。由于现代发动机转速很高,一个行程经历的时间是很短的。短时间的进气和排气过程往往会使发动机充气不足或排气不净,从而使发动机功率下降。因此,现代的发动机都采用延长进、排气时间,使气门早开晚关,以改善进、排气状况,提高发动机的动力性。

1. 进气门早开、晚关

进气门在进气行程上止点之前开启,谓之进气门早开。从进气门开始开启到活塞运行到上止点曲轴所转过的角度为进气提前角,记作 α , α 一般为 $10^\circ \sim 30^\circ$ 。进气门在进气行程下止点之后关闭,谓之进气门晚关。从进气行程下止点到进气门关闭曲轴转过的角度称作进气迟后角,记作 β , β 一般为 $40^\circ \sim 80^\circ$ 。整个进气过程持续的时间或进气持续角为 $\alpha + 180^\circ + \beta$ 。

进气门早开的目的是在进气开始时进气门能有较大的开度或较大的进气通过断面,以减小进气阻力,使进气顺畅。进气门晚关则是为了充分利用气流的惯性,在进气迟后角内继续进气,以增加进气量。进气阻力减小不仅可以增加进气量,还可以减小进气过程消耗的功率。

2. 排气门早开、晚关

排气门在做功行程结束之前,即在做功行程下止点之前开启,谓之排气门早开。从排气门开始开启到活塞运行到下止点曲轴转过的角度为排气提前角,记作 γ , γ 一般为 $40^\circ \sim 80^\circ$ 。排气门在排气行程结束之后,即在排气行程上止点之后关闭,谓之排气门晚关。从上止点到排气门关闭曲轴转过的角度为排气迟后角,记作 δ , δ 一般为 $10^\circ \sim 30^\circ$ 。整个排气过程持续的时间或排气持续角为 $\gamma + 180^\circ + \delta$ 。

排气门早开的目的是在排气门开启时利用气缸内较高的气体压力,使废气能以很高的速度自由排出,并在极短的时间内排出大量废气。当活塞开始排气行程时,气缸内的压力已大大下降,排气门开度或排气通过断面明显增大,从而使强制排气的阻力和排气消耗的功率大为减小。排气门晚关则是为了利用废气流动的惯性,在排气迟后角内继续排气,以减少气缸内的残余废气量。

通常将进、排气门的实际启闭时刻和开启过程用曲轴转角的环形图来表示,这种图形称为配气相位图,如图 3-1 所示。

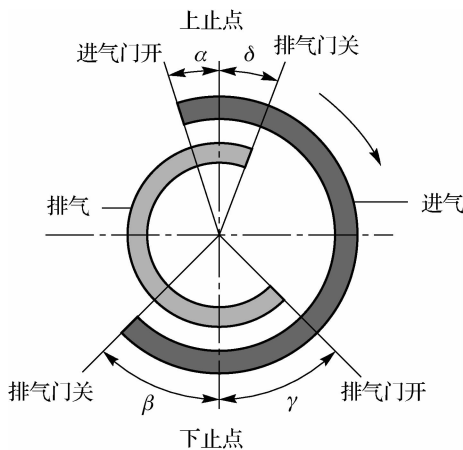


图 3-1 配气相位图

由于进气门在上止点前开启,而排气门在上止点后关闭,这就出现了在一段时间内排气门和进气门同时开启的现象,这种现象称为气门重叠,相应的曲轴转角称为气门重叠角。只要该重叠角选择适当,就不会产生废气倒流入进气管和新鲜气体随同废气排出的可能性。这对提高换气效果是有利的。但是,如果重叠角配置不当而过大,就可能出现废气倒流的现象,使进气量减少。

配气相位的确定与发动机转速和结构关系密切。一般发动机转速高,排气门晚关角可稍大些,以充分利用气流惯性。在结构上,配气正时要求正时齿轮安装正确,配气凸轮外形符合规定,气门间隙调整正确。传动机构零件的磨损将导致气门间隙增大,进而导致气门延迟开启和提前关闭。

(三)气门间隙

1. 气门间隙的含义

发动机工作时,气门将因温度升高而膨胀,如果气门及其传动件之间在冷态时无间隙或间隙过小,则在热态时气门及其传动件的受热膨胀势必引起气门关闭不严,造成发动机在压缩和做功行程中漏气,而使功率下降,严重时甚至不易起动。为了消除这种现象,通常在发动机冷态装配(气门完全关闭)时,在气门与其传动机构中留有适当的间隙,以补偿气门受热后的膨胀量,这一间隙通常称为气门间隙。

2. 气门间隙过大、过小的危害

气门间隙对发动机的工作和性能影响很大。不同机型气门间隙的大小不同。一般冷态时,排气门间隙大于进气门间隙,进气门间隙为 $0.25 \sim 0.3 \text{ mm}$,排气门间隙为 $0.3 \sim 0.35 \text{ mm}$ 。

(1)间隙过大。进、排气门开启迟后,缩短了进、排气时间,降低了气门的开启高度,改变了正常的配气相位,使发动机因进气不足、排气不净而功率下降。此外,还使配气机构零件的撞击增加,磨损加快。

(2)间隙过小。发动机工作后,零件受热膨胀,将气门推开,使气门关闭不严,造成漏气,功率下降,并使气门的密封表面严重积炭或烧坏,甚至使气门撞击活塞。

采用液压挺柱的配气机构不需要留气门间隙。

四、配气机构的类型

常用的配气机构有两种类型:一种是气门式配气机构,它是由凸轮驱动,通过传动机构来驱动进、排气门,常用于四冲程发动机上;另一种是气孔式配气机构,它是在气缸套上开进、排气孔,通过活塞的移动位置来控制进、排气过程,常用在二冲程发动机上。下面着重介绍气门式配气机构。

根据气门布置的位置不同,气门式配气机构又可分为顶置式和侧置式两类。

(一)气门顶置式配气机构

如图 3-2 所示,气门顶置式配气机构主要由凸轮轴 1、挺柱 2、推杆 3、摇臂 7、气门主弹簧 11 和气门 13 等组成。进、排气门都安装在气缸盖上。

曲轴转动时,通过正时齿轮带动凸轮轴转动,当凸轮轴转到凸轮凸起部分顶起挺柱时,

再通过推杆使摇臂绕摇臂轴摆动,压缩气门弹簧,使气门离开气门座,即气门开启。当凸轮凸起部分离开挺柱时,气门便在气门弹簧的作用下落座,即气门关闭。

按照凸轮轴的布置方式,可分为凸轮轴下置式、凸轮轴中置式和凸轮轴上置式三种。图 3-2 所示为凸轮轴下置式。凸轮轴上置式可以直接推动摇臂来顶开气门,使凸轮轴到气门的传动简化,但却使曲轴到凸轮轴的传动复杂。

(二) 气门侧置式配气机构

气门侧置式配气机构如图 3-3 所示,由凸轮轴、挺柱、气门弹簧、气门导管和气门组成。进、排气门都装在发动机的同一侧。凸轮轴直接通过挺柱来控制进、排气门的开启和关闭。由于凸轮轴与气门相距较近,无须推杆和摇臂等零件,传动机构得到简化,特别是气缸盖结构得到简化,制造维修方便。但由于气门布置在气缸侧面,使燃烧室不紧凑。同时,进、排气道拐弯多,进、排气阻力大。目前,这种形式的配气机构已趋于被淘汰。

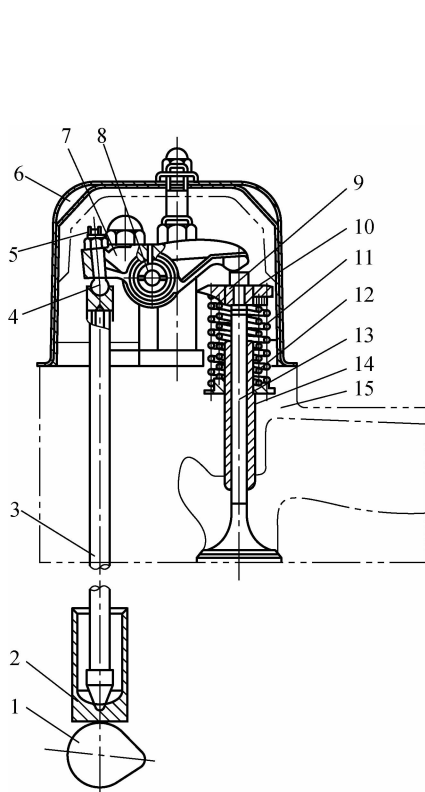


图 3-2 气门顶置式配气机构

- 1—凸轮轴；2—挺柱；3—推杆；4—调整螺钉；5—锁紧螺母；6—气门室罩；
7—摇臂；8—摇臂轴；9—锁片；10—气门弹簧座；11—气门主弹簧；
12—气门副弹簧；13—气门；14—气门导管；15—气缸盖

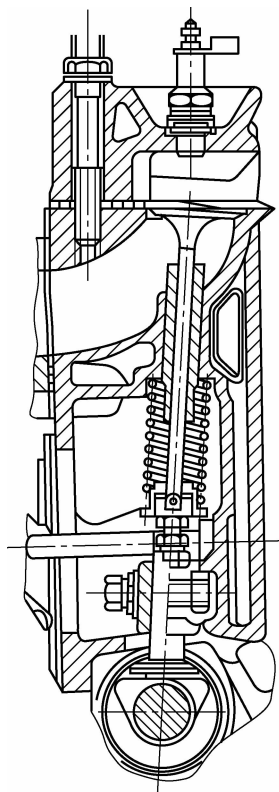


图 3-3 气门侧置式配气机构

相比之下,气门顶置式配气机构增加了推杆、摇臂和摇臂轴等零件,结构较为复杂,整机高度增加。但它的燃烧室结构紧凑,有利于提高压缩比并可减少进、排气阻力,充气良好,发动机具有较高的动力性和经济性。

五、配气机构的组成

配气机构由气门组和气门传动组组成。

(一) 气门组

气门组包括气门、气门座、气门导管、气门弹簧、弹簧座、锁片和卡簧等,如图 3-4 所示。气门组的功用是保证气门与气门座的严密配合,实现气缸的密封。

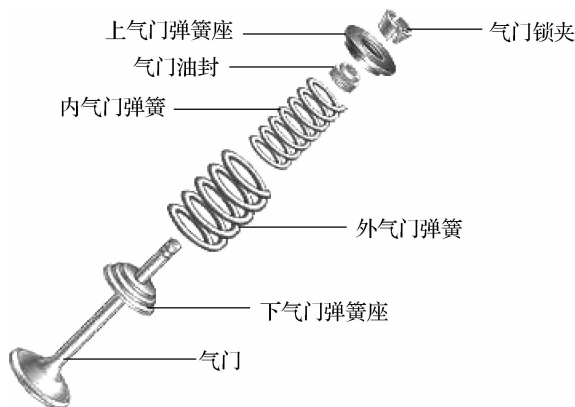


图 3-4 气门组的基本组成

1. 气门

功用:控制进、排气道的开闭。

工作条件:承受高温、高压、冲击、润滑困难。

要求:足够的强度、刚度、耐磨、耐高温、耐腐蚀、耐冲击。

材料:进气门采用合金钢(铬钢或镍铬等),排气门采用耐热合金钢(硅铬钢等)。

构造:气门由头部、杆身和尾部组成。

气门头部工作时直接与燃气接触,工作温度很高(进气门平均温度为 $600\sim 700\text{ K}$,排气门平均温度更高,为 $800\sim 1\ 100\text{ K}$),而且还承受气体的压力、气门弹簧力以及气门开闭的频繁撞击作用,且冷却条件和润滑条件很差。因此,要求气门具有足够的强度、刚度、耐高温、耐腐蚀、耐冲击和耐磨能力。

气门头部的形状和尺寸要保证气体的流动阻力最小,一般制成平顶的圆盘形,也有球面顶和喇叭形顶等不同结构形式,如图 3-5 所示。平顶气门头结构简单、制造方便、吸热面积小、质量小,进、排气门均可采用。球面顶气门头适用于排气门,它具有强度高、排气阻力小、废气清除效果好等优点。但球形顶气门头受热面积大、质量和惯性力大,加工较复杂。喇叭形顶气门头部与杆部有一定的流线型,可以减少进气阻力,但其顶部受热面积大,故适用于进气门,而不宜用于排气门。在位置允许的情况下,减小进气阻力,提高充气效率,气门头部的直径越大,对进、排气越有利。多数发动机进气门头部的直径比排气门大。

气门与气门座接触的工作面呈锥形,有利于气门与气门座的密封,使气门的关闭位置准确。气门工作锥面与气门头部形成气门锥角。若该锥角小,则气体通过气门的流通截面较大,但锥角太小会使气门头部的刚度减弱,排气门的气门锥角太大,则影响充气 and 排气,易使

气门边缘烧蚀损坏。一般气门头部的锥角多采用 45° ，也有的采用 30° ，如图 3-6 所示。

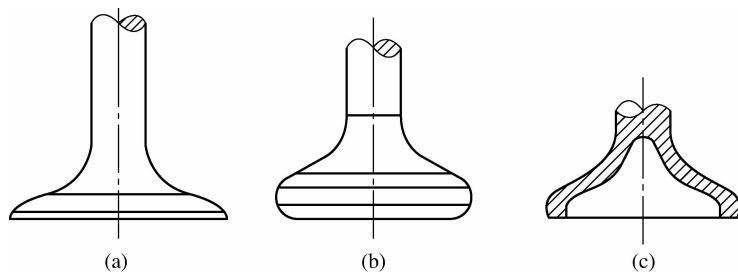


图 3-5 气门头部形状
(a)平顶 (b)球面顶 (c)喇叭形顶

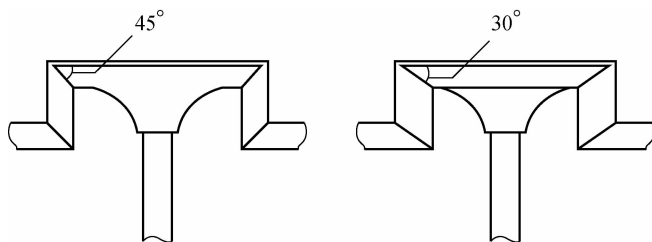


图 3-6 气门锥角

为了保证密封可靠，气门的工作锥面经精加工后与气门座对研。研磨后的密封锥面上出现 $1\sim 2\text{ mm}$ 的接触环带，使用中不得互换。接触环带不仅起密封作用，而且有助于气门头部吸收的大部分热量通过接触环带传出去。接触环带宽有利于散热，但宽度过大时，工作面单位面积的压力下降，杂物和硬粒易卡在气门锥面与气门座之间，会妨碍密封性。气门杆呈圆柱形，与气门头部连接处制成圆滑过渡，以减少进气阻力，并增加强度。气门杆尾部制成锥形和环槽，用以安装气门锁片，并固定弹簧座，称为锁片式连接，如图 3-7(a)所示。环槽则用来安装挡圈或卡簧，以防止气门弹簧折断或锁片脱落时气门落入气缸。气门杆与弹簧座的锁销式连接如图 3-7(b)所示。

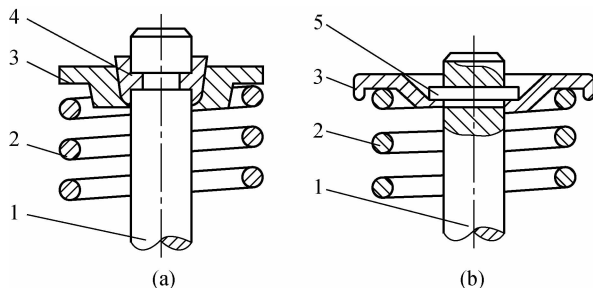


图 3-7 气门的连接
(a)锁片式 (b)锁销式

1—气门杆；2—气门弹簧；3—气门弹簧座；4—锥形锁片；5—锁销

2. 气门座

气门座与气门头部密封锥面的配合来密封气缸，气门头部的热量亦经过气门座外传。

气门座有两种形式:一种是直接在气缸盖中镗出,这种形式具有良好的散热性能,加工也比较方便;另一种是镶气门座圈,采用较好的材料(合金铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁或奥氏体钢等)制成座圈,镶在气缸盖上,便于修理和更换。气门座圈压入气缸盖座孔中,两者采用过盈配合,保证压配可靠,防止工作时松脱。

3. 气门导管

气门导管的功能如下:

- (1)起导向作用,保证气门做直线往复运动。
- (2)起导热作用,将气门头部传给杆身的热量通过气缸盖传出去。

为了保证导向,导管应有一定的长度,气门导管的工作温度也较高,约 500 K。气门导管和气门靠配气机构飞溅出来的机油进行润滑,易磨损。为了改善润滑性能,气门导管常用灰铸铁或球墨铸铁制造。导管内、外圆柱面加工后压入气缸盖的气门导管孔内,然后再精铰内孔。为了防止气门导管在使用过程中松脱,有的发动机气门导管用卡环定位。气门导管和气门座如图 3-8 所示。

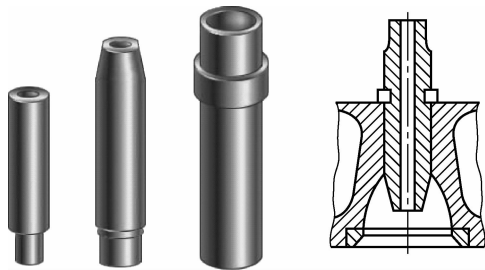


图 3-8 气门导管和气门座

4. 气门弹簧

气门弹簧的作用是保证气门回位。在气门关闭时,保证气门与气门座之间的密封;在气门开启时,保证气门不因运动时产生的惯性力而脱离凸轮。气门弹簧多为圆柱形螺旋弹簧,它的一端支承在气缸盖上,另一端压靠在气门杆尾端的弹簧座上,弹簧座用锁片固定在气门杆的尾端。气门弹簧的材料一般为高锰碳钢、铬钒钢等。经热处理后表面经抛光或喷丸处理,以提高疲劳强度。为提高表面的耐腐蚀性和防锈,弹簧表面还进行发蓝、镀锌、磷化的保护性处理。

气门弹簧在频繁的交变载荷作用下,容易造成疲劳破坏而断裂。因此,气门弹簧需具有足够高的弹力和疲劳强度。

现在多数发动机上采用双气门弹簧,即在一个气门上安装内、外两个旋向相反的弹簧,可以减少弹簧高度尺寸,降低弹簧应力,防止断裂的危险,提高工作的可靠性。即使一个弹簧断裂,另一个弹簧还可以支持气门而不至于落入气缸。两个弹簧旋向相反可以避免一个弹簧断裂后掉入另一个弹簧圈内卡住。

5. 气门旋转机构

为了使气门头部温度均匀,防止局部过热引起的变形,以及便于清除气门座积炭,可设气门旋转机构使气门在工作中相对气门座缓慢旋转。气门缓慢旋转时在密封锥面上产生轻微的摩擦力,有阻止沉积物形成的自洁作用。

6. 锁片和卡簧

锁片和卡簧的功用是在气门弹簧力的作用下将弹簧座和气门杆锁住,使弹簧力作用到气门杆上。

(二) 气门传动组

气门顶置式配气机构的气门传动组由挺柱、推杆、摇臂、摇臂轴、传动齿轮及凸轮轴等组成。气门侧置式配气机构可省去推杆和摇臂。

1. 挺柱

挺柱的功用是将凸轮的推力传给推杆或气门杆,并承受凸轮轴旋转时所施加的侧向力,近年来,液压挺柱被广泛地采用。

挺柱一般用碳钢制成,表面经热处理。为了使挺柱的圆柱导向面与底面磨损均匀,工作时除了上下运动外,还应能够缓慢转动。实现挺柱的无隙转动有两种方法:一种是将挺柱的底面做成球面,而凸轮做成略带锥状[见图 3-9(a)];另一种方法是将挺柱的中心线与凸轮中心线偏移一定的距离[见图 3-9(b)]。

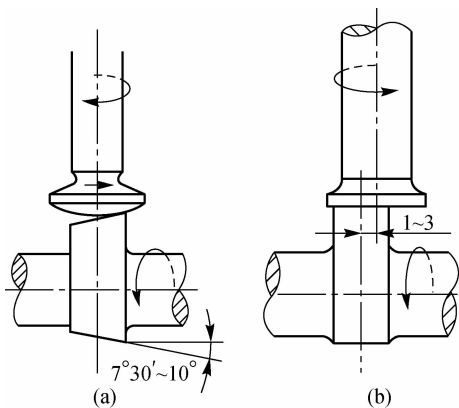


图 3-9 挺柱

2. 推杆

推杆用于凸轮轴下置的气门顶置式配气机构。推杆的作用是将凸轮轴传来的推力传给摇臂。它是配气机构中最容易弯曲的零件,要求有很高的刚度,在动载荷大的发动机中,推杆应尽量做得短些。

推杆多为细长杆,用无缝钢管或空心钢管制成,其两端焊有不同形状的钢头。上端为凹球形,与摇臂调节螺钉球头接触;下端头为圆球形,放置在挺柱的凹球形支承座内。两端头部都经过热处理,以改善耐磨性能。

3. 摇臂

摇臂是一个双臂杠杆,如图 3-10 所示,其功用是改变推杆传来的运动方向,并将运动传给气门杆尾端,以推开气门。

摇臂两边臂长的比值称为摇臂比。摇臂比一般为 1.6 左右。短臂端装有调节螺钉而与推杆接触,长臂端用以推动气门杆端。因此,在一定的气门开度下,可减少凸轮的最大升程。

工作时,摇臂承受较大的弯曲应力,摇臂长端头部沿气门杆端滑移易磨损,要求它具有足够

的强度、刚度和耐磨性。摇臂多用钢模锻压而成,近年也用球墨铸铁制造,断面呈工字形或 T 字形。长臂端与气门杆端接触部位制成圆柱形,并经热淬火处理以提高表面硬度和耐磨性。

摇臂通过摇臂轴支撑在摇臂支座上。摇臂轴为中空形,摇臂内钻有油孔,润滑油从支座的油道经摇臂轴通向摇臂的两端进行润滑。为了防止摇臂在轴上产生轴向移动,相邻两摇臂间装有弹簧。

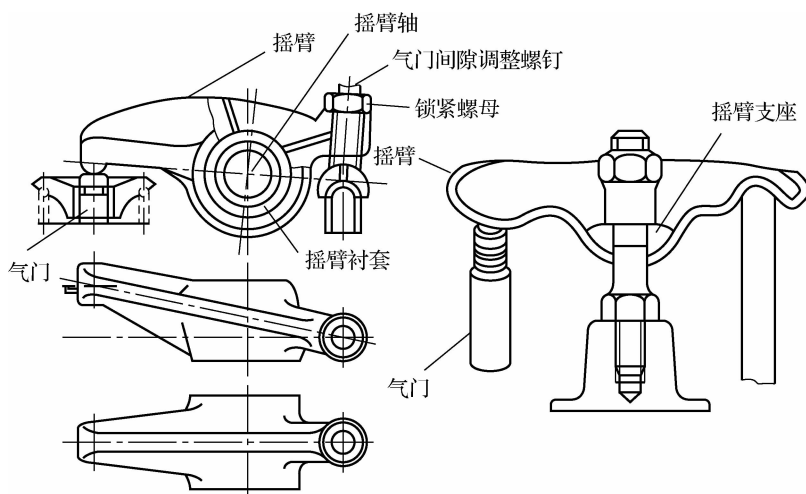


图 3-10 摇臂

4. 凸轮轴

凸轮轴是气门传动组的主要部件。它的主要功用是根据内燃机各缸的工作顺序及时地开启和关闭进、排气门。

为了使传动简化,凸轮轴多采用下置式,布置在接近曲轴的机体中部。有的发动机为使机构简化,改善高速性能,采用凸轮轴上置式。凸轮轴上配置有各缸的进、排气凸轮和轴颈,有的还配有驱动输油泵的偏心轮或驱动汽油机分电器的齿轮。凸轮之间的相互位置决定了配气相位和各缸的工作顺序。

凸轮受到气门间歇性开启的周期性冲击载荷,要求凸轮表面耐磨,凸轮轴有足够大的韧性和刚度。凸轮轴一般用优质钢模锻而成,近年来广泛采用合金铸铁或球墨铸铁制成。轴颈和凸轮表面一般都要经过热处理。凸轮轴轴承则用青铜或铸铁制成。

大多数凸轮与凸轮轴制成整体式(见图 3-11),当凸轮轴较长时,可采用分段制造。凸轮轴以轴颈支承在机体轴承上,一般每隔两个气缸用一个轴颈支承,4 缸内燃机的凸轮轴则用三道轴颈来支承。凸轮轴的轴承都采用不可分型,安装时凸轮轴从机体的一端插入轴承内,因此,支承轴颈的尺寸必须大于凸轮外形的尺寸。

各凸轮的相对位置和凸轮的外形轮廓线是凸轮轴结构的核心。发动机各个气缸的同名气门凸轮(进气或排气凸轮)的相对角位置取决于发动机的工作顺序、冲程数和气缸数目。如图 3-12 所示为同名气门凸轮轴投影图。相继工作的两缸的同名凸轮之间的夹角为 $360^\circ/i$, i 为气缸数。四缸四冲程发动机两同名凸轮之间的夹角为 90° ,其排列顺序与工作顺序相同。同一气缸的进、排气凸轮之间的夹角取决于配气相位。

为了防止产生轴向移动,凸轮轴必须进行轴向定位,如图 3-13 所示。一般采用止推片

进行轴向定位,也可采用止推螺栓进行轴向定位。



图 3-11 整体式凸轮与凸轮轴

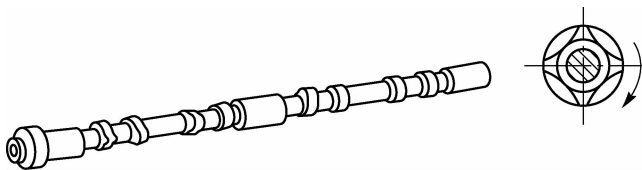


图 3-12 同名气门凸轮轴投影图

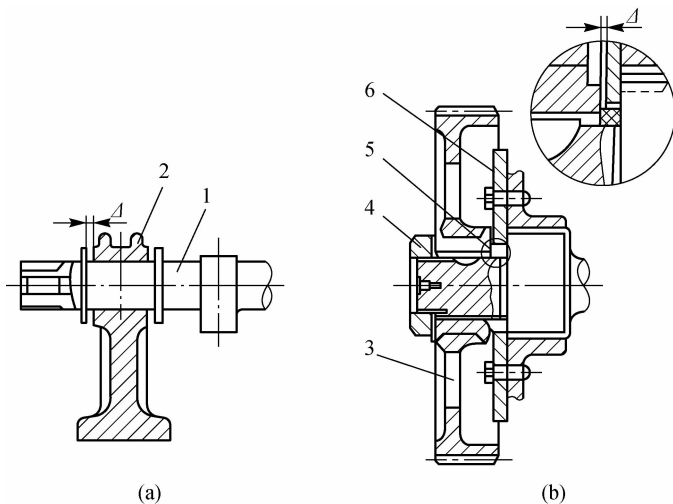


图 3-13 凸轮轴轴向定位

(a)凸肩轴向定位 (b)止推片定位

1—凸轮轴; 2—凸轮轴承盖; 3—正时齿轮; 4—正时齿轮轮毂; 5—止推片; 6—调节隔圈

5. 正时齿轮

正时齿轮的功用是将曲轴的旋转运动传给各辅助机构,如凸轮轴、喷油泵、机油泵、磁电机或分电器等。其中,凸轮轴、喷油泵、磁电机或分电器与曲轴的旋转保持严格的相对位置关系,一般都采用斜齿轮传动,并在齿轮端面上打上装配标记。小齿轮和大齿轮分别用键装在曲轴和凸轮轴的前端,其传动比为 $2:1$ 。安装时各齿轮上的标记必须对准(见图 3-14),以保证正确的配气相位和点火时刻。

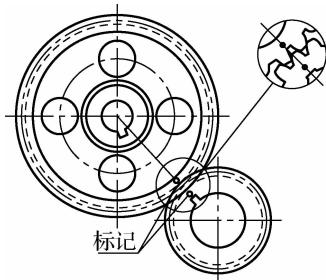


图 3-14 正时齿轮

六、发动机可变气门正时技术

近几十年来,基于提高汽车发动机动力性、经济性和降低排污的要求,许多国家和发动机厂商、科研机构投入了大量的人力、物力进行新技术的研究与开发。目前,这些新技术和新方法有的已在内燃机上得到应用,有些正处于发展和完善阶段。

发动机可变气门正时技术(variable valve timing, VVT)是近些年来被逐渐应用于现代轿车上的新技术中的一种,发动机采用可变气门正时技术可以提高进气充量,使充量系数增加,发动机的扭矩和功率可以得到进一步的提高。

(一)可变气门正时理论

合理选择配气正时,保证最好的充气效率 η_v 是改善发动机性能极为重要的技术问题。分析内燃机的工作原理,不难得出这样的结论:在进、排气门开闭的四个时期中,进气迟后角的改变对充气效率 η_v 影响最大。充气效率与转速对发动机功率的影响关系可以通过图 3-15 进一步予以说明。

图 3-15 中充气效率 η_v 曲线体现了在一定的配气正时下,充气效率 η_v 随转速变化的关系。如进气迟后角为 40° 时,充气效率 η_v 是在约 1 800 r/min 的转速下达到最高值,说明在这个转速下工作能最好地利用气流的惯性充气。当转速高于此转速时,气流惯性增加,就使一部分本来可以利用气流惯性进入气缸的气体被关在气缸之外,加之转速上升,流动阻力增加,所以充气效率 η_v 下降;当转速低于此转速时,气流惯性减小,压缩行程初始时就可能使一部分新鲜气体被推回进气管,充气效率 η_v 也下降。

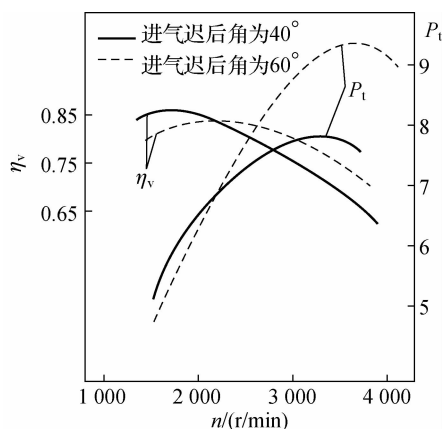


图 3-15 充气效率与转速对发动机功率影响关系曲线图

不同的进气迟后角与充气效率 η_v 曲线最大值相当的转速不同,一般进气迟后角增大,与充气效率 η_v 曲线最大值相当的转速也增加。进气迟后角为 40° 与进气迟后角为 60° 的充气效率 η_v 曲线相比,曲线最大值相当的转速分别为 1 800 r/min 和 2 200 r/min。由于转速增加,气流速度加大,大的进气迟后角可充分利用高速的气流惯性来增加充气。

改变进气迟后角可以改变充气效率 η_v 曲线随转速变化的趋向,以调整发动机扭矩曲线,满足不同的使用要求。不过,更确切地说,加大进气迟后角,高转速时充气效率 η_v 的增加有利于最大功率的提高,但对低速和中速性能则不利。减小进气迟后角,能防止气体被推

回进气管,有利于提高最大扭矩,但降低了最大功率。因此,理想的气门正时应当是根据发动机的工作情况及时做出调整,应具有一定程度的灵活性。显然,对于传统的凸轮挺杆气门机构来说,由于在工作中无法做出相应的调整,也就难于达到上述要求,因而限制了发动机性能的进一步提高。

(二)可变气门正时和升程电子控制机构(VTEC)

日本本田汽车公司在 1989 年推出了其自行研发的 VTEC 技术(其系统结构如图 3-16 所示),英文全称 variable valve timing and valve lift electronic control system,是世界上第一个能同时控制气门开闭时间及升程的气门控制系统。

与普通四气门发动机相比,VTEC 发动机同样是采用每缸四气门(二进二排),但却有着自己鲜明的特点。它并未采用惯用的双凸轮轴结构,而是仍然采用了单凸轮结构,但在采用 VTEC 系统后,使得单凸轮轴原本简单的结构变得较为复杂。虽然同样是采用凸轮轴和摇臂等元件,但凸轮与摇臂的数目及控制方法却较其他发动机有很大不同。除了原有控制两个气门的一对凸轮和一对摇臂外,该系统增加了一个较高的中间凸轮及相应的摇臂,三个摇臂内部装有由液压控制移动的小活塞。发动机低速时,小活塞在原位置上三个摇臂分离,两个凸轮分别推动相应的两个摇臂,控制两个进气门的开闭,气门升程较小。虽然中间凸轮也推动中间摇臂,但由于摇臂之间已分离,其他两个摇臂不受它的控制,不会影响气门的开闭状态。但当发动机达到某一设定的高转速时,发动机电脑会指令电磁阀启动液压系统,推动摇臂内的小活塞,使三个摇臂连成一体,一起由中间凸轮驱动。由于中间凸轮比其他凸轮高、升程大,所以进气门开启时间延长,升程随之增大。当发动机转速降低到某一设定的低转速时,摇臂内的液压也随之降低,活塞在回位弹簧作用下退回原位,三个摇臂分开。

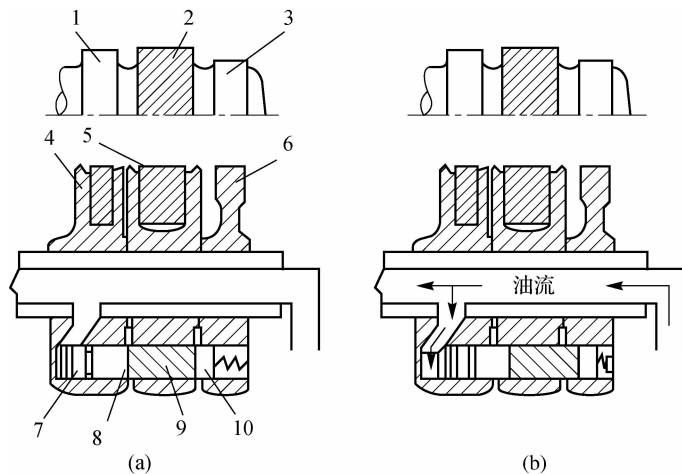


图 3-16 VTEC 系统结构

(a) 低速工作 (b) 高速工作

1—主凸轮; 2—中间凸轮; 3—次凸轮; 4—主摇臂; 5—中间摇臂; 6—次摇臂;
7—正时活塞; 8—主同步活塞; 9—中间同步活塞; 10—次同步活塞

整个 VTEC 系统由发动机电脑控制,发动机电脑接收转速、进气压力、车速及冷却液温

度等信息并进行处理,输出相应的控制信号,通过电磁阀调节摇臂活塞液压系统,从而使发动机在不同的转速工况下由不同的凸轮控制,改变进气门的开度和时间。

配气相位取决于凸轮,主凸轮按低速小负荷单进气门工作设计,中间凸轮按高速大负荷双进气门工作设计。

项目实施

任务一 配气机构的拆装

任务实施目标

熟悉配气机构的拆装。

任务实施条件

已经从汽车上拆下的发动机。

任务实施内容

一、配气机构的分解

(1)卸下凸轮轴轴承盖紧固螺母,其顺序是先松第一、第三、第五轴承盖,之后对角交替旋松第二、第四轴承盖螺母,取出凸轮轴。

(2)取出液力挺柱,用专用工具或自制工具压下气门弹簧座,取出气门锁片和内外气门弹簧以及气门油封和气门。

二、配气机构的装配

安装气门前应检查气门和导管的配合间隙为 $0.035\sim 0.070\text{ mm}$ 。

气门导管安装新的气门油封时,要套上塑料管,再用专用工具压入。装上气门弹簧座,在气门杆部涂以机油,插入气门导管,注意不要损伤油封,最后装上气门弹簧(弹簧旋向相反)和气门锁片,气门锁片装好后,用塑料锤敲击气门,以达到气门与气门座配合完全。然后按照拆卸的步骤反过来装配完成即可。

任务二 气门间隙的检查与调整

任务实施目标

学习气门调整的操作方法。



任务实施条件

已经从汽车上拆下的气缸盖。



任务实施内容

一、气门间隙的检查与调整

(一) 基本原则

- (1) 必须在气门完全关闭状态时进行。
- (2) 必须在规定的冷机或热机状态下进行。

(二) 确定可调气门的方法

- (1) 确定一缸压缩上止点位置。看点火正时标记,看分电器,看第六缸气门、火花塞孔、塞棉团等。
 - (2) 逐缸检查调整。按做功间隔角和点火顺序逐缸进行。
 - (3) 两次调整法。按点火顺序和“双排不进”原则分两次进行。
- “双排不进”原则如表 3-1 所示。

表 3-1 “双排不进”原则

发动机类型	活塞处于上止点的气缸	可调气门对应气缸				点火顺序	气缸由前至后排列序号
		双	排	不	进		
直列 3 缸	1 缸压缩上止点	1	2		3	1—2—3	1—2—3
	1 缸排气上止点		3	1	2		
直列 4 缸	1 缸压缩上止点	1	3	4	2	1—3—4—2	1—2—3—4
	4 缸压缩上止点	4	2	1	3		
直列 5 缸	1 缸压缩上止点	1	2	4,5	3	1—2—4—5—3	1—2—3—4—5
	1 缸排气上止点	4,5	3	1	2		
直列 6 缸	1 缸压缩上止点	1	5,3	6	2,4	1—5—3—6—2—4	1—2—3—4—5—6
	6 缸压缩上止点	6	2,4	1	5,3		
V 形 6 缸	1 缸压缩上止点	1	6,5	4	3,2	4—6—5—4—3—2	左:1—3—5 右:2—4—6
	4 缸压缩上止点	4	3,2	1	6,5		
V 形 8 缸	1 缸压缩上止点	1	5,4,2	6	3,7,8	1—5—4—2—6—3—7—8	左:1—2—3—4 右:5—6—7—8
	6 缸压缩上止点	6	3,7,8	1	5,4,2		

二、气门间隙调整的操作方法

所需工具有塞尺、一字形旋具、梅花扳手。

气门间隙调整的步骤如下:

- (1) 将第一缸活塞转到压缩上止点,按“双排不进”原则调整其一半气门的间隙。

(2)将曲轴转一圈,调整另一半气门。

任务三 配气机构常见故障诊断与排除

任务实施目标

诊断与排除配气机构的常见故障。

任务实施条件

- (1)一辆配气机构完整的汽车。
- (2)平台、支架、百分表。
- (3)专用工具。

任务实施内容

一、气门组的维修

(一)气门的拆装注意事项

- (1)用专用工具压缩气门弹簧。
- (2)气门位置不能错。
- (3)防止气门锁片或气门锁销丢失。

气门的拆装如图 3-17 所示。

(二)气门杆弯曲检修

- (1)设备:平台、支架、百分表。气门杆弯曲检查如图 3-18 所示。

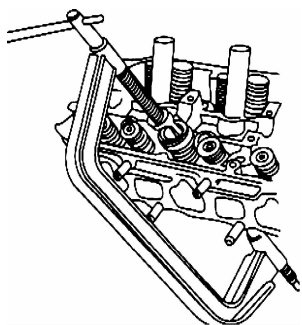


图 3-17 气门的拆装

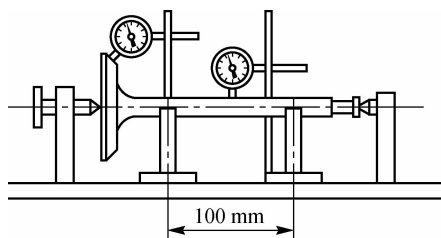


图 3-18 气门杆弯曲检查

- (2)检查项目:直线度误差。
- (3)要求:不超过 0.03 mm。
- (4)修理方法:冷压校正。

(三) 气门的光磨

在维修作业中,如气门出现烧蚀、麻点及凹陷时,均应进行光磨(严重时需更换气门)。光磨通常在气门光磨机上进行,作业时应注意:一是保证气门头与杆部同心,否则应先校直;二是光磨量在能磨出完整的锥面的前提下越小越好;三是尽量提高表面光洁度;四是气门杆端部凹陷应予以磨平。

(四) 气门的研磨

气门的研磨分为两种情况:一种是气门与气门座只有轻微麻点,不需要光磨和铰削时的研磨;另一种是气门与气门座均已经过光磨和铰削后的研磨。前者先用粗金刚砂研磨,将麻点研磨掉后,再用细金刚砂研磨,最后涂上机油研磨,直至密封符合要求、宽度符合规定为止。后者只有密封性达不到要求时才进行研磨,但操作时一定要注意,不要过分用力,严禁上下敲打气门,否则将出现凹形砂痕,影响维修质量。

(五) 气门座的铰修

铰修所用工具为气门座铰刀。

气门座铰修的步骤如下:

- (1) 铰修前检查气门导管。
- (2) 选择铰刀和铰刀杆。
- (3) 用粗铰刀铰修工作锥面。
- (4) 试配,调整工作锥面位置和宽度。
- (5) 用细铰刀精铰并垫细砂布修磨。
- (6) 研磨气门。

气门座铰修通常为手工作业,应特别重视三个问题:一是在消除凹陷、斑点,能铰出完整锥面的基础上,铰削量越小越好;二是铰修时用力要均匀,起刀、收刀要轻,少铰、多观察,以保证较少的铰削量和较高的光洁度;三是与气门试配,确定好工作面位置和宽度。位置应调整到气门锥面的中下部,偏上或偏下用上、下铰刀进行调整。工作面宽度,进气门可掌握在 0.9 mm(规定为 1~2.2 mm),排气门可掌握在 1.4 mm(规定为 1.5~2.5 mm)。实践证明,上述宽度在气门与气门座研磨后,进气门可达 1 mm,排气门可达 1.5 mm,均在规定宽度的下限,可大大提高其使用寿命。

(六) 气门座圈的更换

气门座圈烧蚀、损坏、松动、下沉均需更换气门座圈。

更换时应注意,拆时不可硬撬,可用锉削等方法;安装前,应加工座孔,保证过盈量为 0.08~0.12 mm;安装时,冷冻新座圈或加热气缸盖。

(七) 气门、导管磨损的检修

- (1) 检查项目:与气门杆配合间隙。
- (2) 检查方法:测量气门杆直径和导管孔径计算;测量气门头部摆动量,如图 3-19 所示。
- (3) 修理方法:更换气门、导管或两者均换。

(4)更换气门、导管:用气门导管冲子和锤子按规定方向拆除气门导管;装限位卡环的气门拆前将漏出轴承孔的部分敲断;拆导管时,铸铁气缸盖可不加热,铝合金气缸盖应加热;装前铰削座孔,过盈量为 $0.015\sim 0.065\text{ mm}$;装前用热水或喷灯加热加气缸盖,温度宜为 $60\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$;装后导管伸出气道的高度应符合规定;装后铰削内孔。

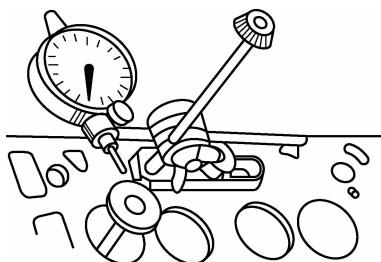


图 3-19 气门、导管磨损的检查

(八)气门弹簧的维修

- (1)裂纹或折断检查方法:观察法。
- (2)自由长度检查方法:用钢直尺测量。
- (3)垂直度检查:用钢直尺和塞尺测量。
- (4)弹力检查:用检验仪测量弹力与长度关系。气门弹簧的检测如图 3-20 所示。
- (5)维修方法:更换气门弹簧。

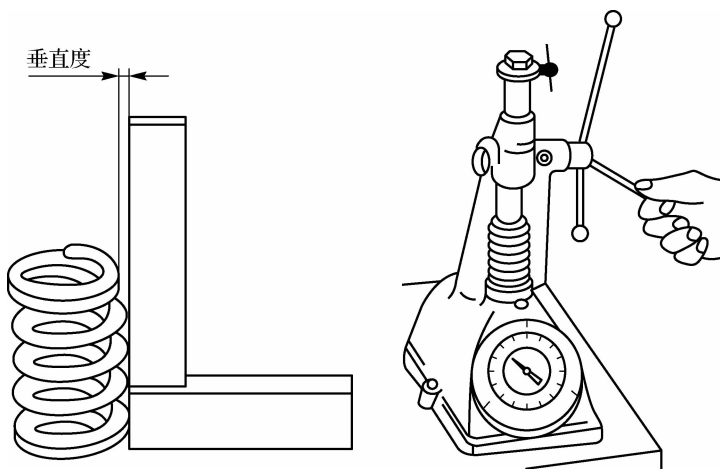


图 3-20 气门弹簧的检测

二、气门传动组的检修

(一)凸轮轴轴向间隙的检修

- (1)检查方法:用塞尺或百分表检查。
- (2)要求:一般允许极限间隙为 $0.30\sim 0.35\text{ mm}$ 。
- (3)修理方法:更换止推片或隔圈。

凸轮轴轴向间隙测量如图 3-21 所示。

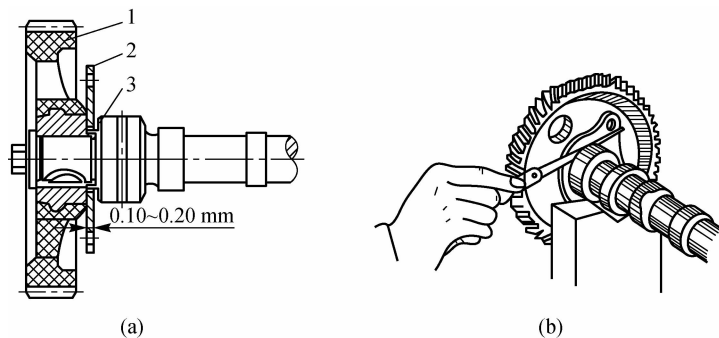


图 3-21 凸轮轴轴向间隙测量

(a) 凸轮轴轴向定位及轴向间隙 (b) 测量凸轮轴轴向间隙

1—正时齿轮；2—止推片；3—隔圈

(二) 凸轮轴弯曲的检修

(1) 检查方法: 用百分表检查中间轴颈的径向圆跳动量。

(2) 要求: 径向圆跳动量允许极限一般为 $0.05 \sim 0.10 \text{ mm}$ 。

(3) 修理方法: 冷压校正或更换。

凸轮轴弯曲的测量如图 3-22 所示。

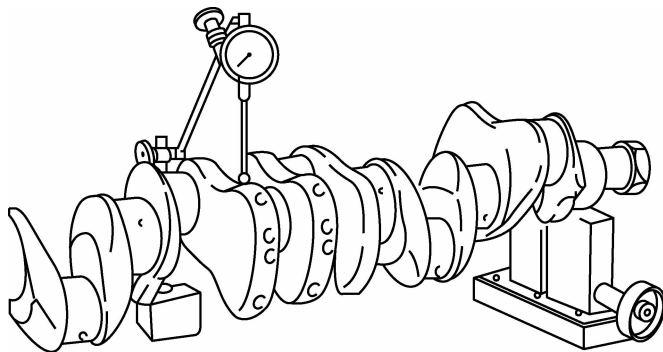


图 3-22 凸轮轴弯曲的测量

(三) 凸轮轴轴颈及轴承磨损的检修

(1) 检查方法: 检查配合间隙。

(2) 修理方法: 有修理尺寸的修磨凸轮轴, 更换轴承; 无修理尺寸的更换轴承或凸轮轴及轴承均换; 无轴承的, 座孔磨损后, 更换气缸盖或气缸体。

(3) 注意事项: 凸轮轴轴承的刮削属于手工作业, 保证质量有一定难度。为刮削方便, 通常在气缸体外加工, 因此应特别注意, 一是要确定好轴承刮削后内孔的直径 (内孔直径 = 轴颈直径实测值 + 配合间隙下限值 + 轴承与座孔过盈量实测值); 二是刮削中要尽量注意保持轴承内孔与外圆的同轴度; 三是边刮削边与轴颈试配 (间隙 = 过盈量 + 配合间隙), 并保证接

触印痕分布均匀;四是将轴承压入座孔时,应注意对正油孔。刮削后装入凸轮轴,转动数圈,酌情进行适当修整,接触面积应达到 75% 以上并分布均匀,间隙符合规定。

(四) 普通挺柱的检修

1. 工作面检查与修理

(1) 检查方法:观察。

(2) 修理方法:轻微的伤痕或麻点,用油石修整;裂纹、严重刮伤或偏磨,则需更换。

2. 与导向孔配合的检查与修理

(1) 检查方法:测量配合间隙。

(2) 修理方法:更换挺柱。

(五) 液力挺柱的构造与维修

(1) 功用:传力,实现无间隙传动。

(2) 组成(见图 3-23):挺柱体、柱塞、弹簧、单向阀和推杆座等。

(3) 工作原理:润滑油经油道、油孔进入挺柱内,低压腔、高压腔充满油。热胀时,高压腔从柱塞与挺柱体间隙泄油;冷缩时,低压腔油经单向阀向高压腔补充;高压腔油量改变挺柱长度,实现无间隙。

(4) 常见故障:密封不良产生异响。

(5) 密封性检查:用仪器检查压力、时间、长度关系或检查自由行程。

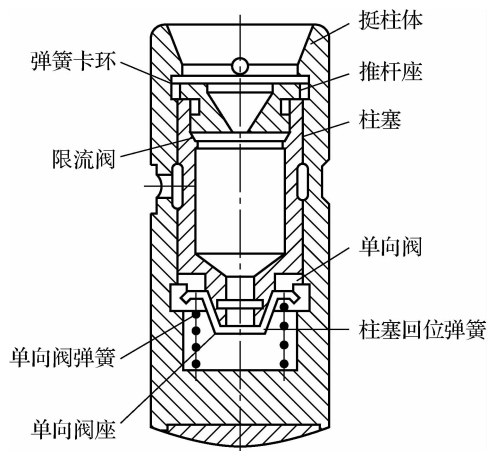


图 3-23 液力挺柱的组成

(六) 推杆的检修

(1) 端头磨损检查与修理。观察检查,油石修磨或更换修理。

(2) 杆身弯曲检查与修理。在平台上滚动检查,冷压校正修理。

(七) 摇臂总成的检修

(1) 检查摇臂球面部位。轻微的磨损沟痕用油石或磨光机修磨,磨损严重时更换摇臂。

(2)带气门间隙调整螺钉的摇臂。检查调整螺钉、锁紧螺母和摇臂上的螺孔,损坏时更换。

(3)带轴承的浮动摇臂。若轴承磨损严重或损坏,应更换摇臂。

(4)摇臂轴。检查摇臂与轴配合间隙,间隙超过允许极限,应更换零件或总成。检查摇臂轴弯曲变形,超过允许极限,应校正或更换摇臂轴。

三、配气机构常见故障诊断与排除

(一)凸轮轴响

(1)现象。在发动机上部发出有节奏较钝重的“嗒嗒”的响声;中速时响声明显,高速时响声杂乱或消失。

(2)原因。凸轮轴轴向间隙过大,产生轴向窜动;凸轮轴有弯、扭变形;凸轮工作表面磨损;凸轮轴轴颈磨损,径向间隙过大。

(3)诊断与排除。检查凸轮轴轴向间隙,如其轴向间隙过大,则应更换止推板,严重时更换凸轮轴。如凸轮轴轴向间隙正常,则表明有凸轮轴弯扭变形、齿轮磨损或凸轮轴轴颈磨损等不良现象。此时,应分解配气机构,查明具体原因,酌情更换凸轮轴。

(二)气门脚响

(1)现象。发动机怠速时,气缸盖罩内发出有节奏的“嗒嗒”的响声;发动机转速升高,响声增大;发动机温度变化或做断火试验,响声不变。

(2)原因。气门间隙调整不当;气门杆尾部与气门间隙调整螺钉磨损;气门间隙调整螺钉的锁紧螺母松动;凸轮磨损或摇臂圆弧工作面磨损。

(3)诊断与排除。

①拆下气缸盖罩,检查气门间隙调整螺钉的锁紧螺母是否松动;检查气门间隙值,并视情况重新调整。

②检查气门杆尾部端面和调整螺钉的磨损情况,必要时更换气门或调整螺钉。

③检查凸轮与摇臂圆弧工作面的磨损情况,视情况更换凸轮轴或摇臂。

(三)气门弹簧响

(1)现象。发动机怠速时有明显的“嚓嚓”的响声;各转速下均有清脆的响声,多根气门弹簧不良,机体有振抖现象。

(2)原因。气门弹簧过软或折断。

(3)诊断与排除。

①拆下气缸盖罩,用旋具撬住气门弹簧,若弹簧折断可明显看出。弹簧折断应予以更换。

②仍用旋具撬住气门弹簧,怠速运转发动机,若响声消失,即为该弹簧过软。弹簧如过软则必须更换。

(四)气门座圈响

(1)现象。有节奏的类似气门脚响,但比气门脚响的声音大很多;发动机转速一定时,响

声时大时小,并伴有破碎声;发动机中低速运转时,响声较清脆,高速时响声增大且变得杂乱。

(2)原因。气门座圈和气缸盖气门座圈座孔配合过盈量不足;气门座圈镶入气缸盖气门座圈座孔后,辗边时没有将座圈压牢;气门座圈粉末冶金质量不佳,受热变形以致松动。

(3)诊断与排除。

①拆下气缸盖罩,经检查不是气门脚响和气门弹簧响,即可断定为气门座圈响。

②分解配气机构后进一步检查,必要时,铰削气门座圈座孔,更换松动的气门座圈,并保证其压入后有足够的过盈量。

知识拓展

一、智能可变配气正时系统(VVT-i)

配气相位由发动机制造厂根据发动机的结构是否增压、转速高低及工作条件不同,通过反复试验确定。如果一台发动机只有一个预先确定的固定不变的配气相位,轿车发动机通常按其经常使用的较高转速来确定一个理想的配气相位,载货车发动机常在较低转速下确定一个理想配气相位。

配气相位不变对发动机性能的发挥是不利的。发动机在其他工况运行时,会因为充气效率低而动力下降,燃料经济性也会变得很差。为了避免这些缺点,使发动机在各种转速下都有良好的动力,近年来,有些汽车近年来采用可变气门控制机构控制进气门的开启时间和开启升程。

近年生产的丰田轿车,大都装配了标注有“VVT-i”字样的发动机。VVT-i 是 variable valve timing intelligent 的缩写,意为“智能可变配气正时”。VVT-i 是一种控制凸轮轴气门正时的装置,它通过调整凸轮轴转角对配气正时进行优化,从而提高发动机在所有转速范围内的动力性、燃油经济性,降低尾气的排放。

凌志 LS400 VVT-i 系统组成如图 3-24 所示,主要由 VVT-i 控制器、凸轮轴正时机油控制阀和传感器三部分组成。其中,传感器有一个曲轴位置传感器和两个 VVT 传感器。

凌志 LS400 汽车的发动机是 8 缸 V 形排列四气门式的,有两根进气凸轮轴和两根排气凸轮轴。在工作过程中,排气凸轮轴由凸轮轴齿形带轮驱动,其相对于齿形带轮的转角不变。曲轴位置传感器测量曲轴转角,向 ECU 提供发动机转速信号;凸轮轴位置传感器测量齿形带轮转角;VVT 传感器测量进气凸轮轴相对于齿形带轮的转角。它们的信号输入 ECU,ECU 根据转速和负荷的要求控制进气凸轮轴正时控制阀,控制控制器使进气凸轮轴相对于齿形带旋转一个角度,达到进气门延迟开闭的目的,用以增大高速时的进气迟后角,从而提高充气效率。

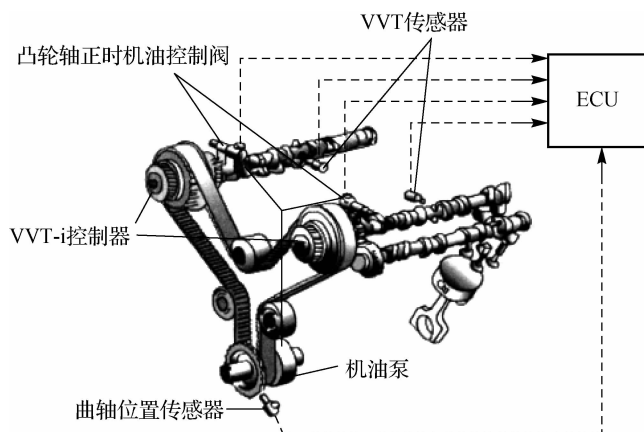


图 3-24 凌志 LS400 VVT-i 系统组成

(一) VVT-i 控制器的结构

VVT-i 控制器的结构如图 3-25 所示,它包括由正时皮带轮驱动的外齿轮和与进气凸轮轴刚性连接的内齿轮,以及一个内齿轮、外齿轮之间的可动活塞。活塞的内、外表面上有螺旋形花键。活塞沿轴向的移动会改变内、外齿轮的相对位置,从而产生配气相位的连续改变。

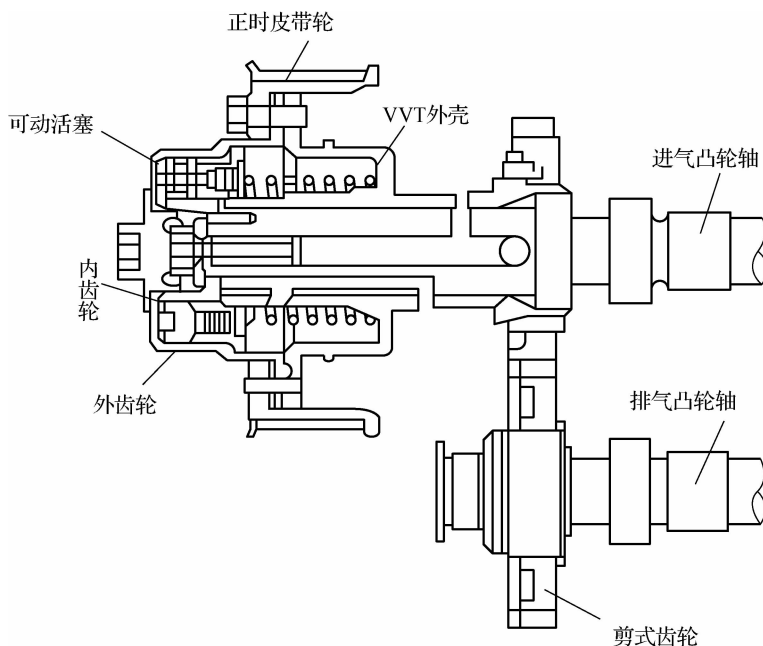


图 3-25 VVT-i 控制器的结构

VVT-i 外壳通过安装在其后部的剪式齿轮驱动排气门凸轮轴。

凸轮轴正时控制阀根据 ECU 的指令控制阀轴的位置,从而将油压施加给凸轮轴正时带轮,以提前或推迟配气正时。发动机停机时,凸轮轴正时控制阀处于最延迟的位置。

(二)VVT-i 工作原理

根据发动机 ECU 的指令,当凸轮轴正时控制阀位于图 3-26(a)所示时,机油压力施加在活塞的左侧,使得活塞向右移动。由于活塞上的旋转花键的作用,进气凸轮轴相对于凸轮轴正时带轮提前某一角度。

当凸轮轴正时控制阀位于图 3-26(b)位置时,活塞向左移动,并向延迟的方向旋转。凸轮轴正时控制阀关闭油道,保持活塞两侧的压力平衡,从而保持配气相位,由此得到理想的配气正时。

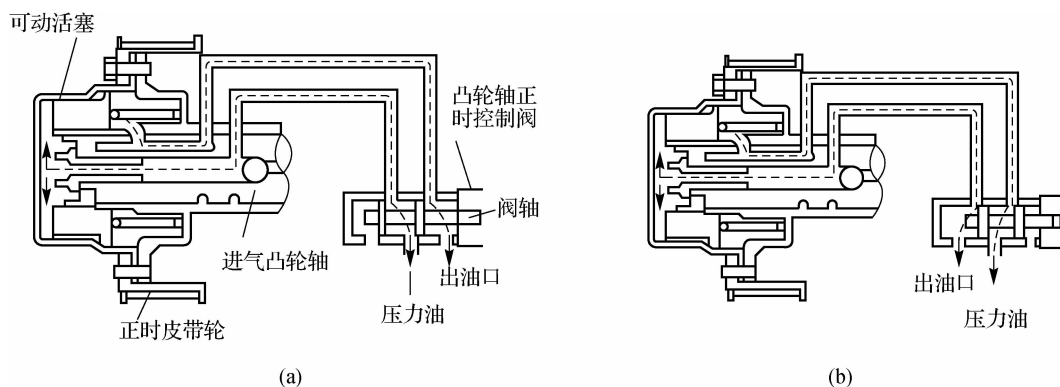


图 3-26 VVT-i 工作原理

二、本田汽车气门正时和升程可变的进气系统(VTEC)

(一)VTEC 机构的组成

装有 VTEC 机构的发动机,每个气缸都和常规的高速发动机一样,配置了两个进气门和两个排气门。本田 F22B1 发动机 VTEC 机构的组成如图 3-27 所示。它的两个进气门有主、次之分,即主进气门和次进气门。每个气门均由单独的凸轮通过摇臂来驱动。驱动主、次进气门的凸轮分别称主、次凸轮。与主、次进气门接触的摇臂分别称主、次摇臂。主、次摇臂之间有一个特殊的中间摇臂,它不与任何气门直接接触。三个摇臂并列在一起,均可在摇臂轴上转动。在主、次摇臂和中间摇臂相对应的凸轮轴上铸有三个不同升程的凸轮,分别为主凸轮、次凸轮和中间凸轮,VTEC 的低速状态如图 3-28 所示。其中中间凸轮的升程最大,它是按照发动机双进、双排气门工作最佳输出功率的要求而设计的;主凸轮升程小于中间凸轮,它是按发动机低速工作时单进气门开闭要求设计的;次凸轮的升程最小,最高处只是稍微高于基圆,其作用只是在发动机怠速运行时,通过次摇臂稍微打开次进气门,以免燃油集聚在次进气门口。中间摇臂的一端和中间凸轮接触,另一端在低速时可自由活动。三个摇臂在靠近气门一端均有一个油缸孔。油缸孔中都安置有靠油压控制的活塞,它们依次为正时活塞、主同步活塞、中间同步活塞和次同步活塞。

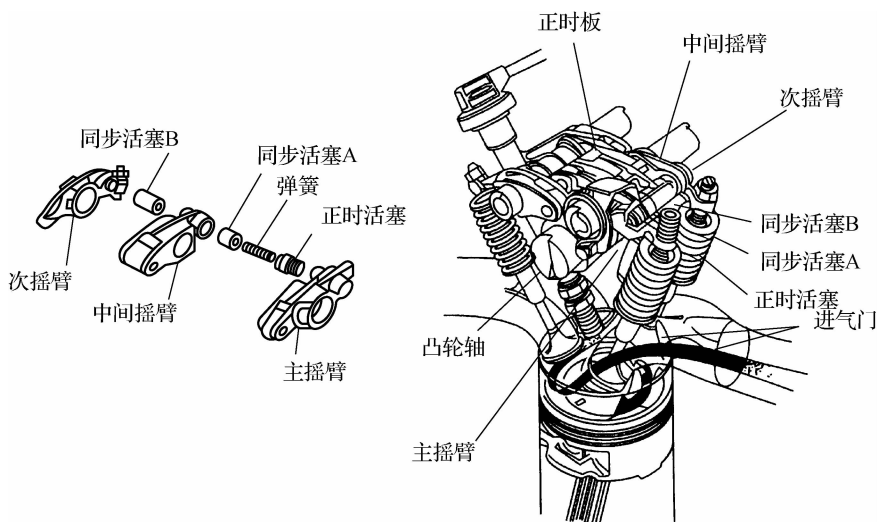


图 3-27 本田 F22B1 发动机 VTEC 机构的组成

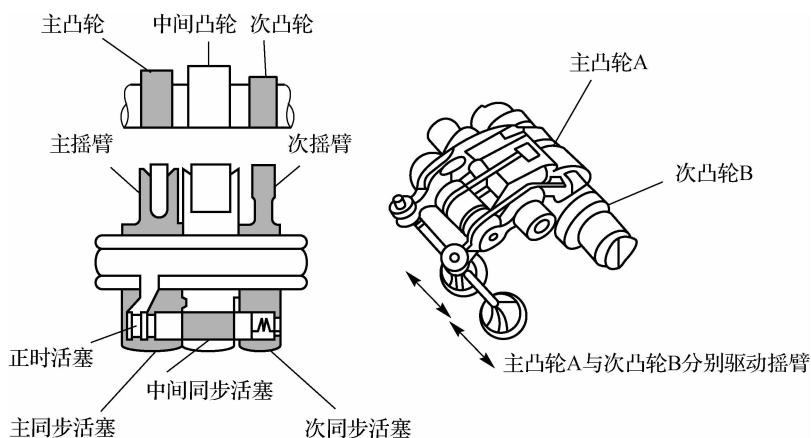


图 3-28 VTEC 的低速状态

(二)VTEC 的工作原理

VTEC 结构是采用一根凸轮轴上设计两种(高速和低速)不同配气正时和气门升程的凸轮,利用液压进行切换的装置。高、低速的切换由 ECU 根据发动机转速、负荷、水温和车速信号来确定,并将控制信号输出给电磁阀来控制油压进行切换。

VTEC 不工作时,正时活塞和主同步活塞位于主摇臂缸内,和中间摇臂等宽的中间同步活塞位于中间摇臂的油缸内,次同步活塞和弹簧则一起位于次摇臂油缸内(见图 3-27)。正时活塞的一端和液压油来自工作油泵,油道的开启由 ECU 通过 VTEC 电磁阀控制。VTEC 电磁阀控制原理如图 3-29 所示。

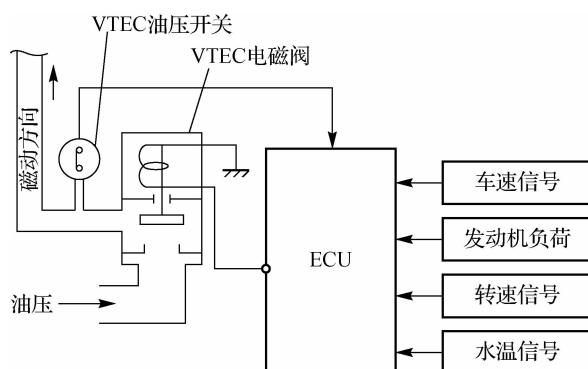


图 3-29 VTEC 电磁阀控制原理

在发动机低速运行时,ECU 无指令,油道内无油压,活塞位于各自的油缸内,因此各个摇臂均独自上下运动。主摇臂紧随主凸轮开闭主进气门,以供给低速运行时发动机所需的混合气,次凸轮则迫使摇臂微微起伏,微微开闭次进气门,中间摇臂虽然随着中间凸轮大幅度运动,但是它对于任何气门不起作用。此时发动机处于单进双排工作状态,吸入的混合气不到高速时的一半,使怠速运转十分平顺均衡。

当 VTEC 处于高速状态时(见图 3-30),即发动机转速在 $2\,300 \sim 3\,200 \text{ r/min}$ 、车速在 10 km/h 以上、水温在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上、发动机负荷到达一定程度时,发动机控制电脑 ECU 就会向 VTEC 电磁阀供电以开启工作油道,于是工作油道中的压力油就推动活塞移动,压缩弹簧,这样主摇臂、中间摇臂和次摇臂就被主同步活塞、中间同步活塞和次同步活塞串联为一体,成为一个同步活动的组合摇臂。由于中间凸轮的升程大于另两个凸轮,而且凸轮角度提前,故组合摇臂随中间摇臂一起受中间凸轮驱动,主、次气门都大幅度地同步开闭,因此,配气相位变化,吸入的混合气量增多,满足了发动机高速、大负荷时的充气量要求。

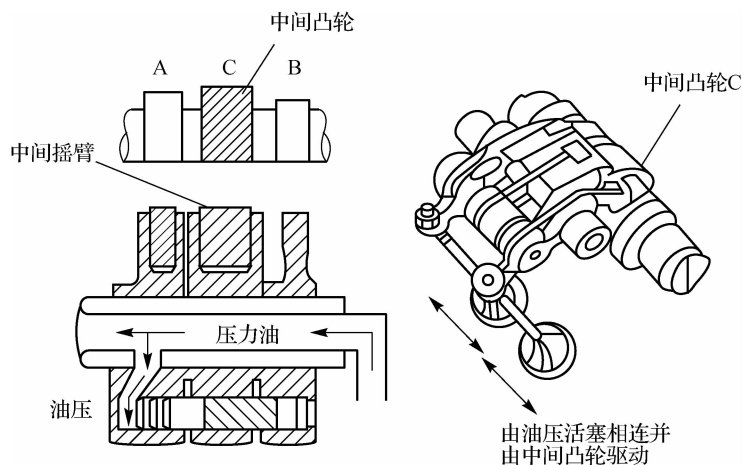


图 3-30 VTEC 的高速状态



- (1) 配气机构的功用是什么？
- (2) 配气机构有哪些布置位置？各包括哪些主要零件？试述气门顶置式配气机构的工作过程。
- (3) 发动机在实际工作过程中，排气门在哪一个行程开始开启？在哪一个行程完全关闭？其目的是什么？
- (4) 气门头部有哪些形状？各有何特点？
- (5) 气门座有哪些形式？各有何特点？
- (6) 气门导管的作用是什么？
- (7) 气门弹簧起什么作用？为什么有的发动机气门采用两个气门弹簧？
- (8) 试述挺柱的工作原理。它是如何保证气门无间隙传动的？
- (9) 凸轮轴的构造是怎样的？如何进行轴向定位？
- (10) 凸轮轴有几种布置方式？各有何特点？
- (11) 配气机构为什么要有气门间隙？气门间隙过大、过小有什么危害？
- (12) 什么是配气相位？请画出配气相位图。什么是气门叠开？叠开出现在什么区域？
- (13) 配气机构中，进、排气门为什么要早开晚关？