

第 1 章 汽车发动机构造与维修总论

往复式活塞式发动机应用最早且最为广泛,目前它仍在汽车领域占据着重要地位,本书主要讨论这种往复式活塞式四冲程汽油机和柴油机。本章主要介绍汽车发动机类型,发动机总体构造、原理、基本术语和主要技术参数和发动机维修理论。

1.1 往复式活塞内燃机的基本构造和工作原理

1.1.1 发动机的分类

汽车发动机一般指汽车用活塞式内燃机。活塞式内燃机按活塞运动方式的不同,可分为往复式活塞内燃机和旋转式活塞内燃机。下面重点介绍往复式活塞内燃机。在发动机内部每一次将燃烧产生的热能转化为机械能,都必须经过空气吸入、输入和压缩燃料,使之着火燃烧而膨胀做功,然后将生成的废气排出,这样一系列连续的过程,称为发动机的一个工作循环。如图 1-1 所示为往复式活塞内燃机的内部运动的转变,活塞的往复运动通过曲轴变成了旋转运动。

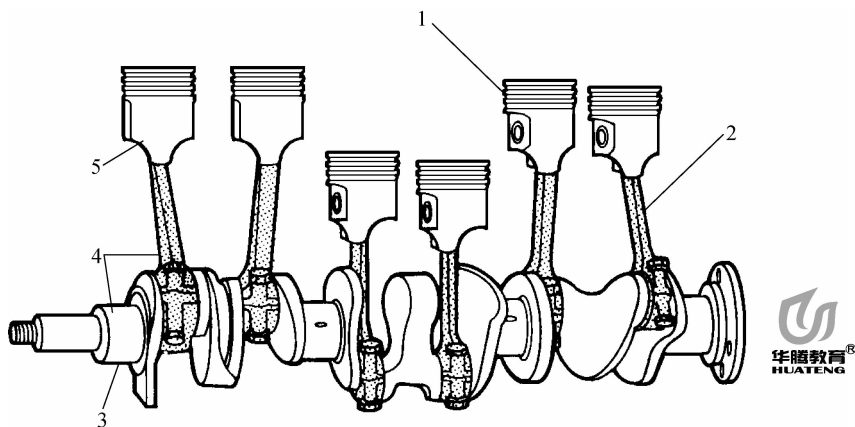


图 1-1 往复式活塞内燃机的内部运动的转变

1—活塞; 2—连杆; 3—曲轴; 4—旋转运动; 5—直线运动

根据不同的特征,可以将往复式活塞发动机分为多种类型。

1. 按冲程数分类

根据冲程数的不同,往复式活塞发动机可分为二冲程和四冲程发动机。在发动机内部,

活塞往复四个单程或曲轴旋转两圈完成一个工作循环的发动机称为四冲程发动机；活塞往复两个单程或曲轴旋转一圈完成一个工作循环的发动机称为二冲程发动机。

2. 按使用燃料种类分类

根据使用燃料的不同,可将往复式活塞发动机分为汽油机、柴油机、气体燃料发动机、煤气机、液化石油气发动机及多种燃料发动机等。

3. 按汽缸数及布置分类

根据汽缸数的不同,往复式活塞发动机仅有一个汽缸称为单缸发动机,有两个以上汽缸称为多缸发动机;根据汽缸布置的不同,汽缸中心线与水平面垂直、呈一定角度或平行的发动机,可分为立式、斜置式与卧式发动机;多缸发动机根据汽缸间的排列方式的不同,可分为直列式(汽缸呈一列布置)、对置式(汽缸呈两列布置,且两列汽缸之间的中心线呈 180°)和V形(汽缸呈两列布置,而且两列汽缸之间夹角为V形,即小于 180°)等发动机。

4. 按进气状态分类

根据进气状态的不同,可将往复式活塞发动机分为非增压和增压发动机。非增压发动机为进入汽缸前的空气或可燃混合气未经压气机压缩的发动机,只有扫气泵而没有增压器的二冲程发动机属此类;增压发动机为进入汽缸前的空气或可燃混合气已经在压气机内压缩,以增大充量密度的发动机。

5. 按点火方式分类

根据点火方式的不同,可将往复式活塞发动机分为点燃式与压燃式发动机。点燃式发动机是将压缩汽缸内的可燃混合气用点火装置点火燃烧的内燃机;压燃式发动机为压缩汽缸内的空气或可燃混合气产生高温,引起燃料着火的内燃机。

6. 按冷却方式分类

根据冷却方式的不同,可将往复式活塞发动机分为风冷式和水冷式发动机。以空气为冷却介质的称为风冷式发动机;以水或冷却液为冷却介质的称为水冷式发动机。

1.1.2 往复式活塞内燃机的基本结构和常用术语

1. 往复式活塞内燃机的基本结构

如图 1-2 所示为使用汽油作为燃料的往复式活塞内燃机的基本结构示意图。往复式活塞内燃机工作腔称作汽缸,其内表面为圆柱形。往复式活塞内燃机因其工作时活塞在汽缸内不断地往复运动而得名。活塞通过活塞销与连杆一端铰接,而连杆另一端与曲轴连接。当活塞在汽缸内往复运动时,便通过连杆推动曲轴旋转,汽缸的顶端用汽缸盖封闭。在汽缸盖上装有进、排气门,通过凸轮轴控制进排气门开闭以实现向汽缸内充气和向汽缸外排气。

活塞在汽缸内往复运动,周而复始地进行进气、压缩、作功和排气四个工作行程。

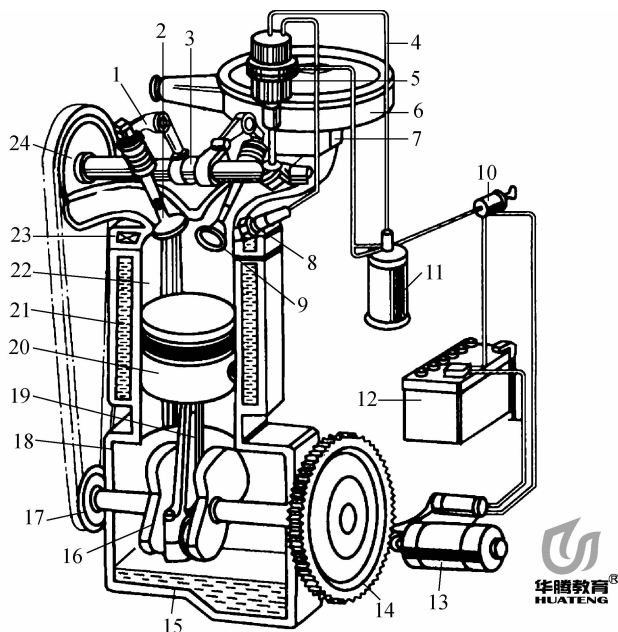


图 1-2 往复式活塞内燃机的基本结构

- 1—摇臂；2—排气门；3—凸轮轴；4—高压导线；5—分电器；6—空气滤清器；7—化油器；
8—火花塞；9—进气门；10—点火开关；11—点火线圈；12—蓄电池；13—起动机；
14—飞轮；15—油底壳；16—曲轴；17—曲轴正时带轮；18—曲轴箱；19—连杆；
20—活塞；21—冷却水套；22—汽缸；23—汽缸盖；24—凸轮轴正时带轮

2. 往复式活塞内燃机的常用术语

1) 上止点

上止点是指活塞顶离曲轴回转中心最远处，通常指活塞的最高位置，如图 1-3 所示。

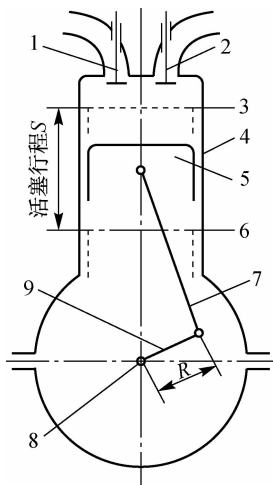


图 1-3 往复式活塞内燃机的常用基本术语示意图

- 1—进气门；2—排气门；3—上止点；4—汽缸；5—活塞；
6—下止点；7—连杆；8—曲轴回转中心；9—曲柄

2) 下止点

下止点是指活塞顶离曲轴回转中心最近处,通常指活塞的最低位置。

3) 活塞行程

活塞行程是指上、下止点之间的距离(S),单位为 mm。活塞由一个止点移到另一个止点,运动一次的过程称行程。

4) 曲柄半径

曲柄半径是指与连杆大头相连接的曲柄销的中心线到曲轴回转中心线的距离(R)。活塞行程为曲柄半径的两倍,即 $S=2R$ 。

5) 汽缸工作容积

汽缸工作容积(V_h)是指活塞从一个止点到另一个止点所扫过的容积。其计算公式为

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} \cdot S \quad (1-1)$$

式中, V_h 为汽缸工作容积, L ; D 为汽缸直径, mm ; S 为活塞行程, mm 。

6) 发动机工作容积

发动机工作容积(V_L)是指发动机所有汽缸工作容积的总和,发动机的汽缸数用 i 表示,则 $V_L = V_h \cdot i$ 。

7) 燃烧室容积

燃烧室容积(V_c)是指活塞在上止点时,活塞顶上面空间的容积,单位为升(L)。

8) 汽缸总容积

汽缸总容积(V_a)是指活塞在下止点时,活塞顶上面空间的容积。它等于汽缸工作容积与燃烧室容积之和,即 $V_a = V_h + V_c$ 。

9) 压缩比

压缩比(ϵ)是指汽缸总容积与燃烧室容积的比值。其计算公式为

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} \quad (1-2)$$

10) 负荷率

内燃机在某一转速下的有效功率与相同转速下所能发出的最大有效功率的比值称为负荷率,简称负荷。

3. 往复式活塞内燃机工作原理

曲轴旋转两周,活塞往复四个行程完成一个工作循环的往复式活塞内燃机称为四冲程发动机,根据使用燃料的不同又可分为四冲程汽油机和四冲程柴油机。

1) 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机的工作循环是由进气、压缩、作功和排气四个行程所组成的。如图 1-4 所示为单缸四冲程汽油机的工作循环图。

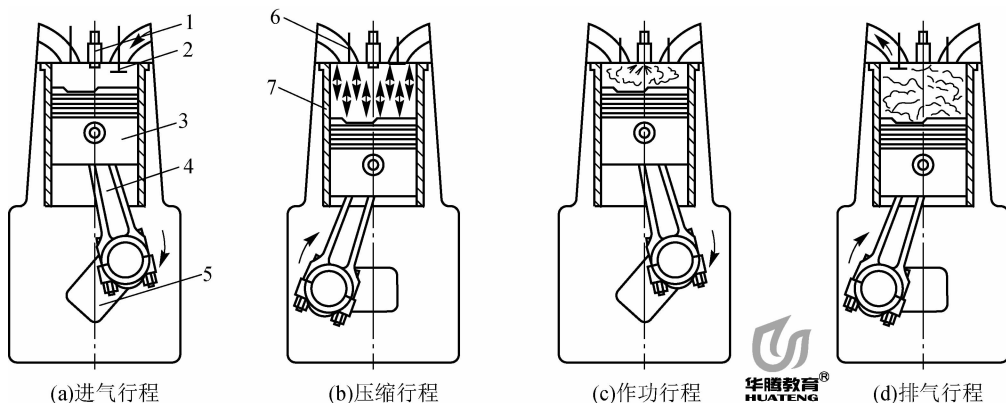


图 1-4 单缸四冲程汽油机的工作循环图

1—火花塞；2—进气门；3—活塞；4—连杆；5—曲轴；6—排气门；7—汽缸

(1)进气行程。活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动,此时排气门关闭,进气门开启。活塞移动过程中,汽缸内容积逐渐增大,形成一定真空度,气体被吸入汽缸。当活塞到达下止点时,进气门关闭,停止进气。

由于进气系统存在进气阻力,进气终了时汽缸内气体的压力低于大气压力,为 $0.075 \sim 0.090 \text{ MPa}$ 。由于汽缸壁、活塞等高温件及上一循环留下的高温残余废气的加热,气体温度升高到 $370 \sim 440 \text{ K}$ 。

(2)压缩行程。进气行程结束时,活塞在曲轴的带动下,从下止点向上止点运动,汽缸内容积逐渐减小,由于进、排气门均关闭,可燃混合气被压缩,至活塞到达上止点时压缩结束。汽缸内气体被压缩的程度称为压缩比。压缩比越大,压缩终了时汽缸内气体的压力和温度越高,燃烧速度也就越快,因而发动机发出的功率越大,经济性也越好。现代汽油发动机压缩比一般为 $6 \sim 10$ 。压缩行程中,气体压力和温度同时升高,并使混合气进一步混合均匀,压缩终了时,汽缸内的压力为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$,温度为 $600 \sim 800 \text{ K}$ 。

(3)作功行程。在压缩行程末,火花塞产生电火花点燃混合气,混合气迅速燃烧,使气体温度、压力迅速升高而膨胀,从而推动活塞从上止点向下止点运动,通过连杆使曲轴旋转作功,当活塞到达下止点时,作功结束。

在作功行程中,开始阶段汽缸内气体的压力、温度急剧上升,瞬时压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$,瞬时温度可达 $2\,200 \sim 2\,800 \text{ K}$ 。

(4)排气行程。在作功行程终了时,排气门打开,进气门关闭,曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动,废气在自身剩余压力和活塞推动下被排出汽缸,当活塞到达上止点时,排气门关闭,排气结束。排气行程终了时,由于燃烧室容积的存在,汽缸内还存有少量废气,气体压力也因排气系统存在排气阻力而略高于大气压力。此时,压力为 $0.105 \sim 0.115 \text{ MPa}$,温度为 $900 \sim 1\,200 \text{ K}$ 。

由上述四个行程的分析可知,汽缸内的气体压力是随着汽缸容积或曲轴转角的变化而变化的。这种变化关系用直角坐标系表示出来,称为示功图。示功图可以直观地显示汽缸内气体压力的变化,如图 1-5 所示。

2) 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机每个工作循环也是由进气、压缩、作功和排气四个行程组成的。由于使用燃料性质不同,其可燃混合气的形成和着火方式与汽油机有很大区别。如图 1-6 所示为单

缸四冲程柴油机的工作循环图。

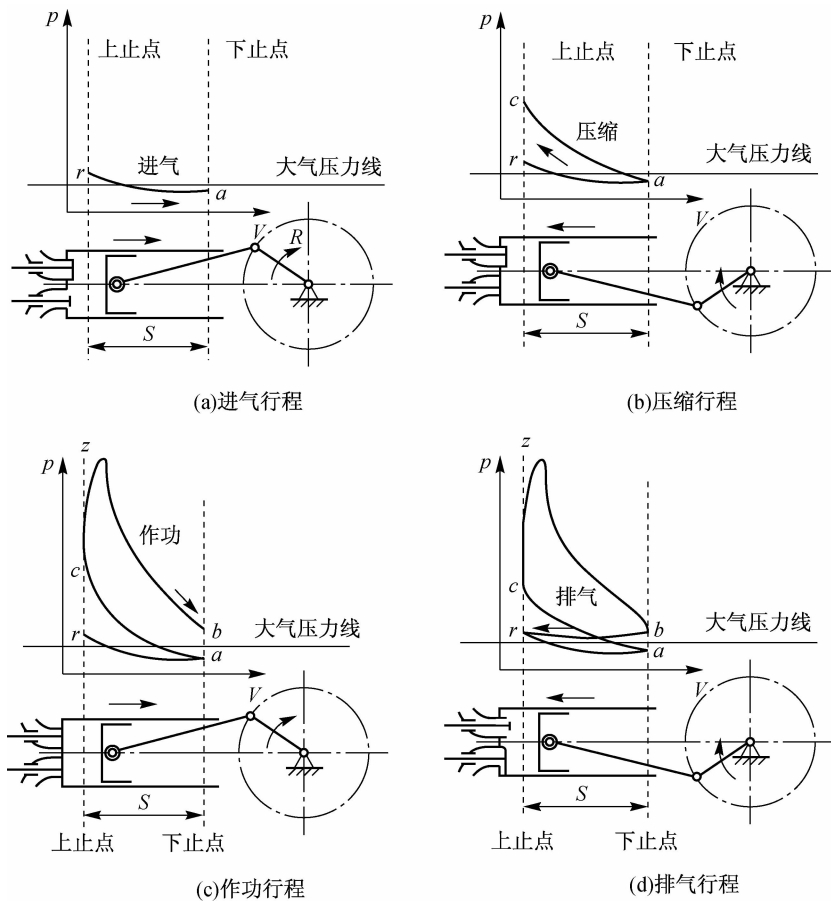


图 1-5 四冲程汽油机的示功图

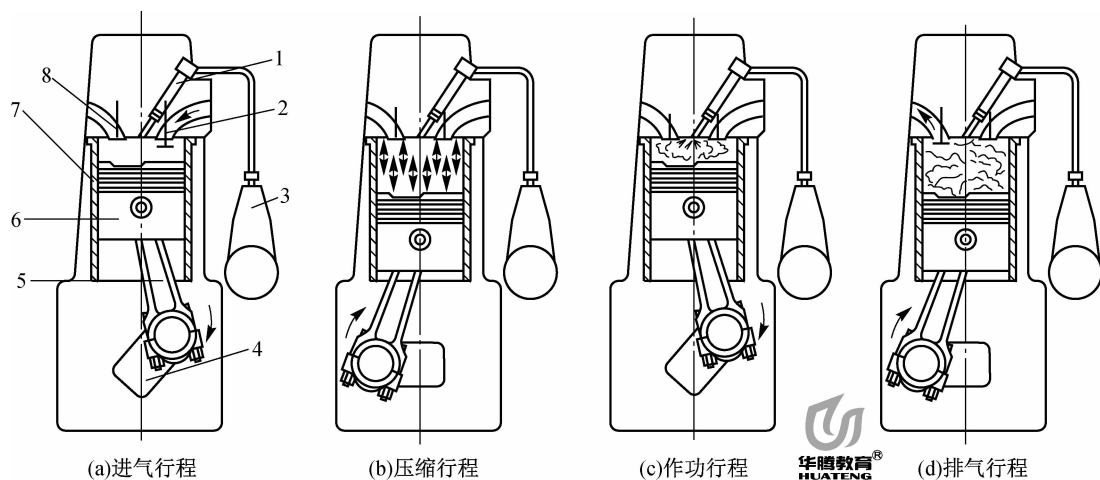


图 1-6 单缸四冲程柴油机工作循环图

1—喷油器；2—进气门；3—喷油泵；4—曲轴；5—连杆；6—活塞；7—汽缸；8—排气门

(1) 进气行程。单缸四冲程柴油机的进气行程不同于汽油机的是进入汽缸的不是可燃混合

气,而是纯空气。由于进气阻力比汽油机小,排气行程残留的废气温度也比汽油机低,进气行程终了的压力为 $0.075 \sim 0.095 \text{ MPa}$,温度为 $320 \sim 350 \text{ K}$ 。

(2)压缩行程。压缩行程不同于汽油机的是压缩纯空气,由于柴油机的压缩比大,为 $15 \sim 22$,压缩终了时的压力和温度都比汽油机高,压力可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$,温度可达 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ 。

(3)作功行程。此行程与汽油机有很大差异,压缩行程末,喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入汽缸内的高温高压空气中,这些雾状柴油被迅速汽化并与空气形成混合气。由于此时汽缸内的温度远高于柴油的自燃温度(约 500 K),柴油混合气便立即自行着火燃烧,而且此后一段时间内喷油泵边喷油,柴油混合气边燃烧,汽缸内压力和温度急剧升高,推动活塞下行作功。

在作功行程中,瞬时压力可达 $5 \sim 10 \text{ MPa}$,瞬时温度可达 $1\,800 \sim 2\,200 \text{ K}$,作功行程终了时,压力为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$,温度为 $1\,200 \sim 1\,500 \text{ K}$ 。

(4)排气行程。此行程与汽油机基本相同。排气行程终了时的汽缸压力为 $0.105 \sim 0.125 \text{ MPa}$,温度为 $800 \sim 1\,000 \text{ K}$ 。

3) 四冲程发动机工作特点

(1)四冲程汽油机和柴油机的工作循环的基本内容相似。每个工作循环曲轴转两周(720°),每一行程曲轴转半周(180°)。四个行程中,只有作功行程产生作功,其他三个行程是为作功行程做准备工作的辅助行程,这四个行程都要消耗一部分能量。发动机起动时的第一个循环必须有外力使曲轴转动,以完成进气和压缩行程;当作功行程开始后,作功能量便通过曲轴存储在飞轮内,以维持以后的行程和循环得以继续进行。

(2)四冲程汽油机和柴油机也有很多不同之处。

①汽油机的可燃混合气在汽缸外部开始形成并延续到进气和压缩行程终了时,时间较长;柴油机的可燃混合气在汽缸内部形成,从压缩行程接近终了时开始,并占小部分作功行程,时间较短。

②汽油机可燃混合气用电火花点燃,柴油机混合气则是在高温高压下自燃,所以汽油机又称点燃式发动机,柴油机又称压燃式发动机。

4) 二冲程汽油机的工作原理

二冲程汽油机工作循环也包括进气、压缩、作功和排气四个过程,但它是在活塞往复两个行程内完成的。如图 1-7 所示为二冲程汽油机的工作循环图。

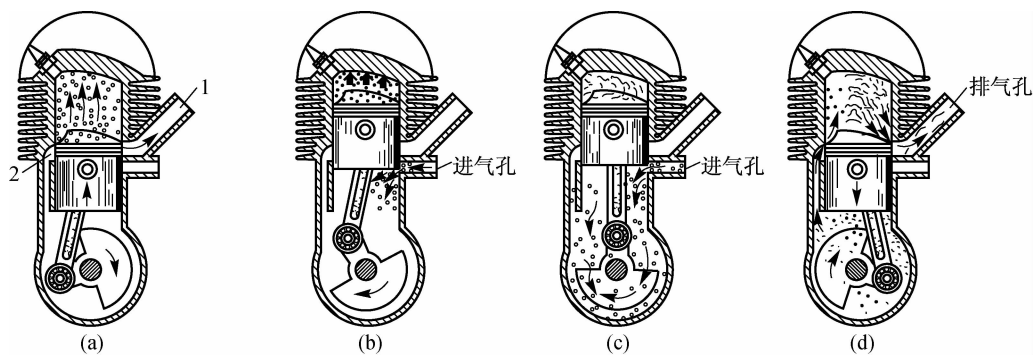


图 1-7 二冲程汽油机工作循环图

1—排气孔; 2—换气孔

(1)第一行程。活塞由曲轴带动从下止点向上止点移动。当活塞上行至关闭换气孔和排气孔时(见图 1-7a),已进入汽缸的新鲜混合气被压缩,活塞继续上移至上止点时,压缩结束;与此同时,活塞上行时,其下方曲轴箱内形成一定的真空度,当活塞上行到一定位置时,进气孔开启(见图 1-7b),新鲜的混合气被吸入曲轴箱。至此,第一行程结束。

(2)第二行程。活塞接近上止点时,火花塞产生电火花,点燃被压缩混合气,燃烧形成的高温高压气体推动活塞下行做功(见图 1-7c)。当活塞下行到关闭进气孔后,曲轴箱内的混合气被预压,活塞继续下行至排气孔开启时(见图 1-7d)。燃烧后,废气靠自身压力经排气孔排出。紧接着,换气孔开启,曲轴箱内经预压的混合气进入汽缸,并排除汽缸内残余废气。这一过程称换气过程,它将一直延续到下一行程活塞再上行关闭换气孔和排气孔时为止。活塞下行到下止点时,第二行程结束。由此可知,第一行程时,活塞上方进行换气、压缩;活塞下方进行进气时,活塞上方进行做功、换气,活塞下方预压混合气。换气过程跨越两个行程。

如图 1-8 所示为二冲程汽油机的示功图。图中点 a 表示排气孔关闭,曲线 ac 为压缩行程。曲线 cb 为做功行程。在 b 点排气孔开启, bf 为先期排气阶段。在 f 点换气孔开启, fdh 段为换气行程。在 h 点换气孔关闭, ha 段为额外排气阶段。从排气口开始打开到完全关闭,约占 $130^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 曲轴转角,此为二冲程发动机换气过程,即示功图上 bda 曲线段。

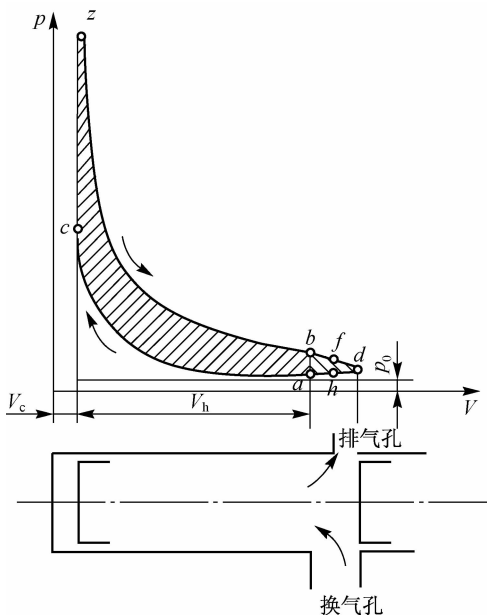


图 1-8 二冲程汽油机的示功图

5) 二冲程柴油机的工作原理

二冲程柴油机工作循环与汽油机的主要不同之处是进入汽缸的是纯空气,废气则由专设的排气门排出。带有换气泵的二冲程柴油机的工作循环如图 1-9 所示。换气泵的作用是使新鲜空气压力提高到 $0.12 \sim 0.14 \text{ MPa}$ 后,经汽缸外部的空气室和汽缸壁上的一圈进气孔进入汽缸内。

(1)第一行程。活塞由下止点向上止点移动,在此冲程内燃机的示功图行程开始前不久,进气孔和排气门均已开启,利用自换气泵流出的空气(压力约为 $0.12\sim 0.14\text{ MPa}$)使汽缸换气(见图 1-9a)。当活塞继续向上移动时,进气孔被遮盖,排气门也被关闭,空气受到压缩(见图 1-9b)。当活塞接近上止点时,汽缸内的压力增加到 3 MPa ,温度约升至 $850\sim 1\,000\text{ K}$,燃油在高压(约 $17\sim 20\text{ MPa}$)下喷入汽缸内。这时,燃油自行着火燃烧,使汽缸内压力增高(见图 1-9c)。

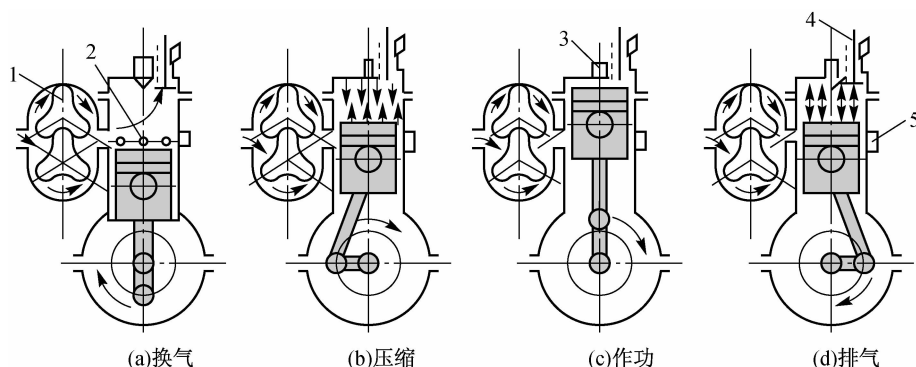


图 1-9 带换气泵的二冲程柴油机工作原理示意图

1—换气泵; 2—进气孔; 3—喷油器; 4—排气门; 5—空气室

(2)第二行程。活塞受燃烧气体膨胀作用自上止点向下止点移动而作功。活塞下行 $2/3$ 行程时排气门开启,排出废气(见图 1-9d)。此后,汽缸内压力降低,进气孔开启,进行换气。换气一直继续到活塞向上移动 $1/3$ 行程的距离,进气孔完全被遮盖为止。

这种形式的发动机称为气门—气孔直流换气柴油机。与四冲程柴油机相比,二冲程柴油机的优缺点与二冲程汽油机的优缺点基本相同,但由于二冲程柴油机利用纯空气排除废气,没有燃料损失,故经济性较高。

1.2 发动机的总体构造

1.2.1 总体构造

发动机是一部由许多机构和系统组成的复杂机器。现代汽车发动机的结构形式很多,即使是同一类型的发动机,其具体构造也是多种多样的。汽油机通常由两大机构和五大系统组成,柴油机通常由两大机构和四大系统组成(无点火系统)。可以通过一些典型的汽车发动机的结构实例来分析发动机的总体构造。

如图 1-10 至图 1-14 所示为常见型号发动机的结构示意图。下面主要介绍四冲程汽油机的一般构造。

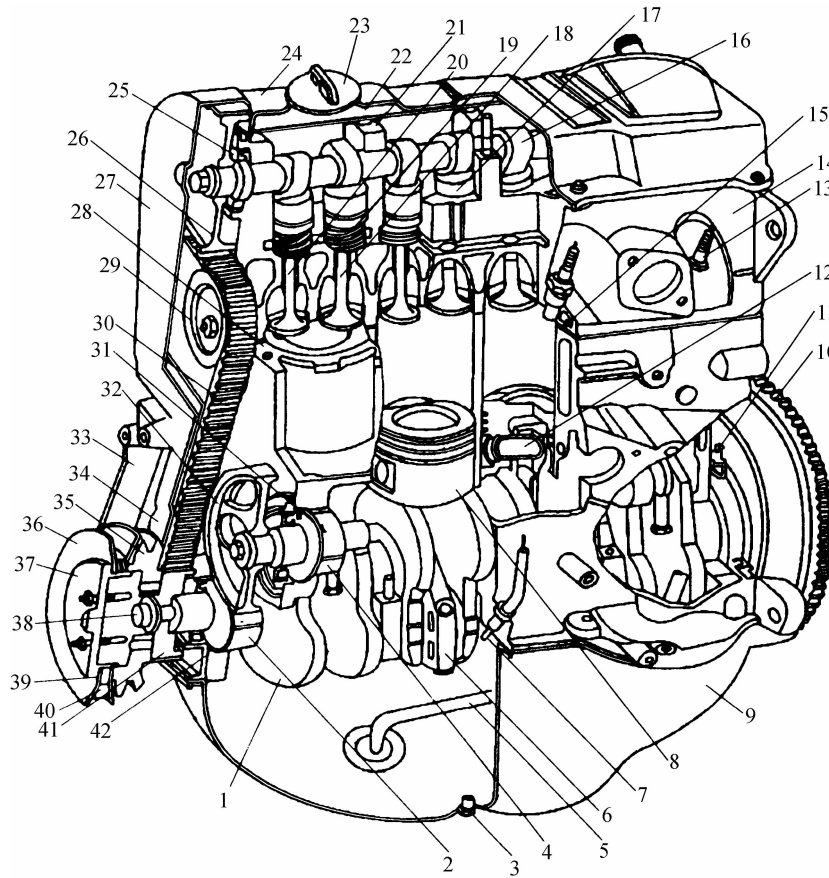


图 1-10 一汽奥迪 100 发动机结构

- 1—曲轴；2—主轴承；3—放油螺钉；4—间轴轴承；5—机油集滤器；6—连杆总成；7—游标尺；8—活塞；
 9—油底壳；10—飞轮；11—曲轴后端挡油板；12—活塞销；13—火花塞；14—汽缸盖；
 15—汽缸垫；16—凸轮轴；17—液力挺杆；18—进气门；19—气门弹簧；20—排气门；
 21—凸轮轴轴承；22—挡油板；23—加油盖；24—凸轮轴覆盖；25—凸轮轴前端油封；
 26—凸轮轴正时齿轮；27—上罩盖；28—汽缸体；29—张紧轮；30—正时带；
 31—中间轴；32—中间轴正时齿轮；33—支架正时齿轮；34—下罩盖；
 35—曲轴带轮；36—空气压缩机带轮；37—压紧盖；
 38—正时齿轮拧紧螺栓；39—垫片；40—皮带；
 41—曲轴正时齿轮；42—曲轴前端挡油板

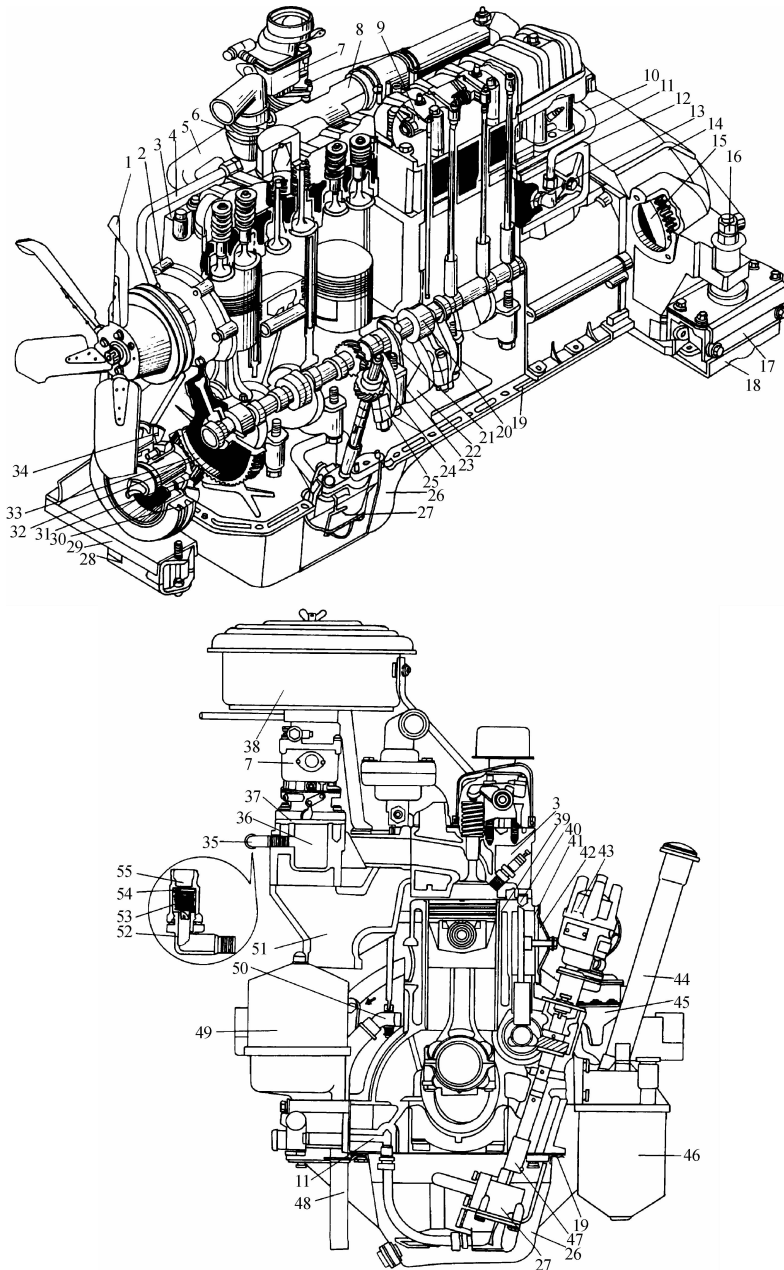


图 1-11 东风 EQ6100-1 汽油发动机

- 1—风扇；2—水泵；3—汽缸盖；4—小循环水管；5—进、排气歧管总成；6—曲轴箱通风装置；7—化油器；8—汽缸盖出水管；9—摇臂机构；10—曲轴箱通风管；11—汽缸体；12—后挺杆室盖；13—曲轴箱通风挡油板；14—飞轮壳；15—飞轮；16—发动机后悬置螺栓、螺母；17—限位板；18—发动机后悬置软垫；19—油底壳衬垫；20—凸轮轴；21—曲轴止推片；22—曲轴；23—主轴承盖；24—机油泵、分电器总成；25—活塞、连杆总成；26—油底壳；27—机油泵；28—发动机前悬置软垫总成；29—发动机前悬置支架总成；30—风扇传动带轮；31—正时齿轮室盖；32—凸轮轴正时齿轮；33—曲轴正时齿轮；34—冷却风扇；35—曲轴箱通风单向阀；36—进气管；37—绝热块及衬垫；38—空气滤清器；39—汽缸套；40—定位销；41—挺杆室衬垫；42—挺杆室盖；43—分电器；44—加机油管和盖；45—汽油泵；46—机油粗滤器；47—联轴套；48—出水软管；49—机油细滤器；50—放水阀；51—排气管；52—弯管接头；53—弹簧；54—单向阀；55—阀体

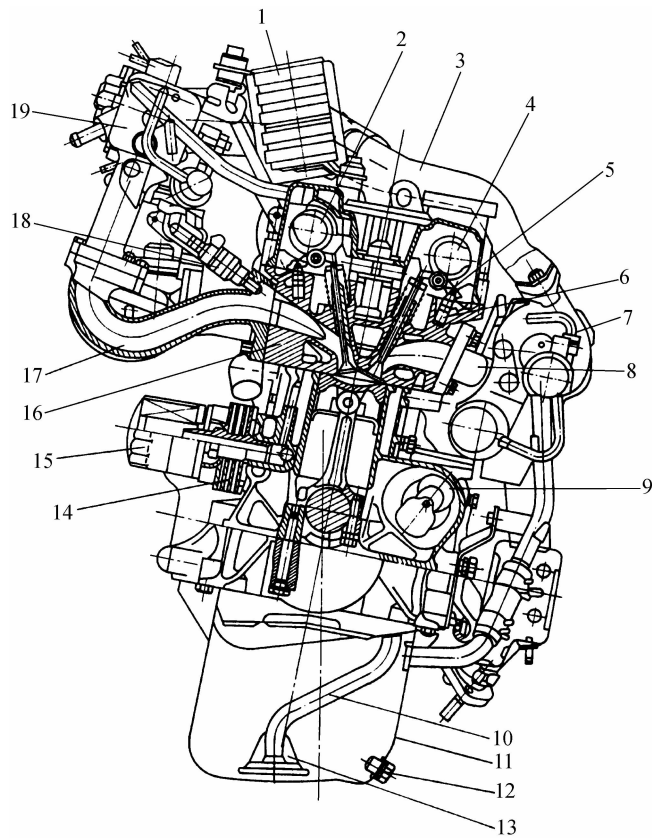


图 1-12 三菱 3G81 型多点汽油喷射增压中冷 5 气门汽油发动机构造

1—空气滤清器；2—进气凸轮轴；3—增压器出气管；4—排气凸轮轴；5—摇臂；6—液压挺柱；7—废气涡轮增压器；
8—排气歧管；9—平衡器；10—机油管；11—油底壳；12—放油螺塞；13—机油集滤器；14—机油冷却器；
15—机油滤清器；16—汽缸盖；17—进气歧管；18—汽油喷射器；19—中冷器

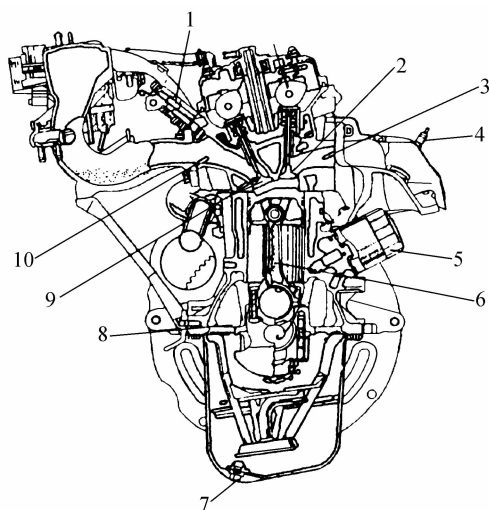


图 1-13 汽油喷射式发动机横剖面图

1—喷油器；2—排气门；3—排气管；4—氧传感器；5—机油滤清器；
6—连杆；7—放油螺塞；8—曲轴箱；9—进气门；10—进气管

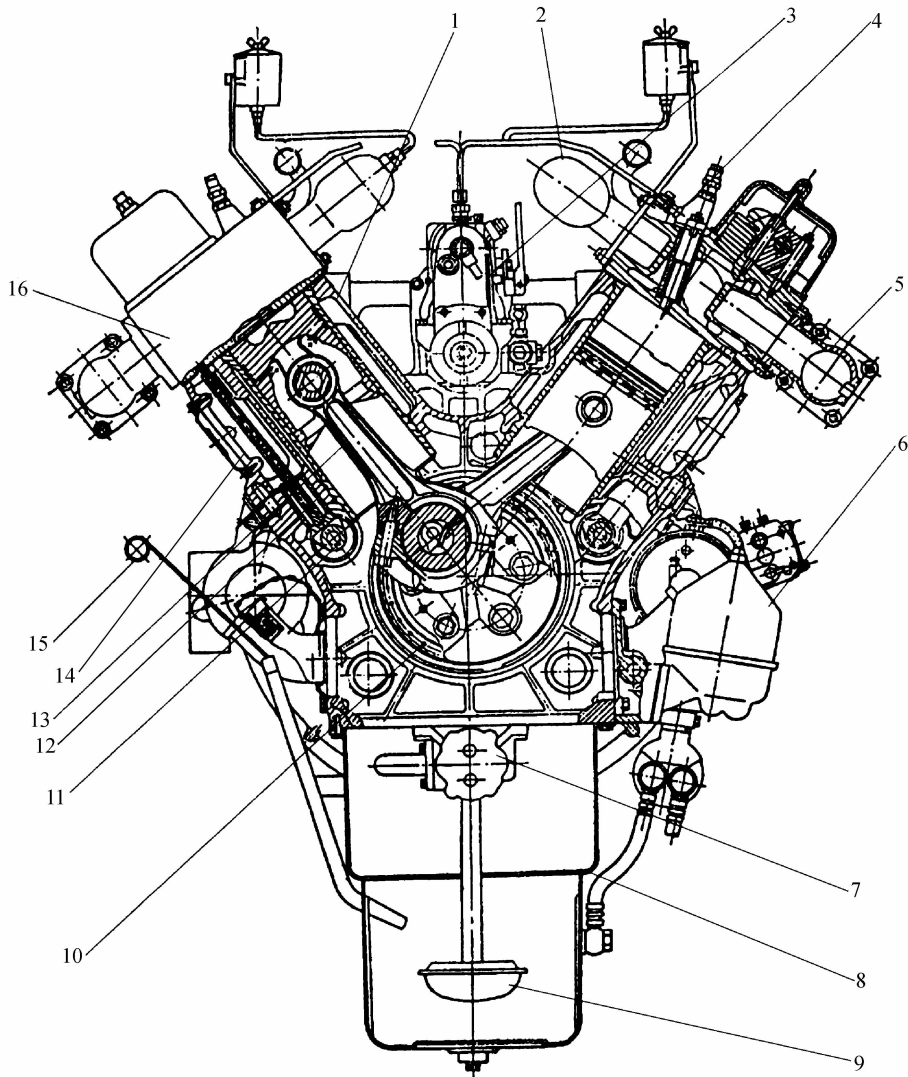


图 1-14 12V135AQ 型柴油机横剖面图

—汽缸体；2—进气歧管；3—喷油泵；4—喷油器；5—排气歧管；6—离心式机油滤清器；7—机油泵；8—油底壳；9—集滤器；10—曲轴主轴承；11—凸轮轴；12—挺杆；13—连杆；14—推杆；15—油尺；16—汽缸盖

1. 机体组

发动机的机体组包括汽缸盖、汽缸体及油底壳。有的发动机将汽缸体分铸成上、下两部分,上部称为汽缸体,下部称为曲轴箱。机体组的功用是作为发动机各机构、各系统的装配基体,而且其本身的许多部分又分别是曲柄连杆机构、配气机构、供给系统、冷却系统和润滑系统的组成部分。汽缸盖和汽缸体的内壁共同组成燃烧室的一部分,是承受高温高压的机件。在进行结构分析时,常把机体组列入曲柄连杆机构。

2. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构包括活塞、连杆、带有飞轮的曲轴等。其功用是将活塞的直线往复运动变为曲轴的旋转运动并输出动力。

3. 配气机构

配气机构包括进气门、排气门、摇臂、气门间隙调节器、凸轮轴以及凸轮轴定时带轮(由曲轴定时带轮驱动)等。其功用是使可燃混合气及时充入汽缸并及时从汽缸排出废气。

4. 燃料供给系统

汽油机燃料供给系统和柴油机燃料供给系统由于供油系统和燃烧过程不同,在结构上有很大区别。汽油机燃料供给系统又分化油器式和燃油直接喷射式两种,通常所用的化油器式燃料供给系统包括汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进气管、排气管、排气消声器等。其作用是把汽油和空气混合为成分合适的可燃混合气供入汽缸,以供燃烧,并将燃烧生成的废气排出发动机。燃油直接喷射式系统则没有化油器,由 ECU 控制。

柴油机燃料供给系统由燃油箱,输油泵,喷油泵,柴油滤清器,进、排气管和排气消声器等组成。其功用是向汽缸内供给纯空气并在规定时刻向汽缸内喷入定量柴油,以调节发动机输出功率和转速。最后,将燃烧后的废气排出汽缸。

5. 点火系统

点火系统包括供给低压电流的蓄电池和发电机、分电器、点火线圈以及火花塞等。点火系统的功用是保证按规定时刻及时点燃汽缸中被压缩的混合气。

6. 冷却系统

冷却系统主要包括水泵、散热器、风扇、分水管、汽缸体以及汽缸盖里铸出的空腔——水套等。其功用是把受热机件的热量散到大气中去,以保证发动机正常工作。

7. 润滑系统

润滑系统包括机油泵、机油集滤器、限压阀、润滑油道、机油滤清器等。其功用是将润滑油供给作相对运动的零件,以减小它们之间的摩擦阻力,减轻机件的磨损,并部分地冷却摩擦零件,清洗摩擦表面。

8. 起动系统

起动系统包括起动机及其附属装置,其功用是使静止的发动机起动并转入自行运转。

1.2.2 国产内燃机型号编制规则

为了便于生产管理和使用内燃机,我国于 1991 年对内燃机的名称和型号编制方法重新审定并颁布了国家标准(GB/T 725—1991)。该标准的主要内容如下:

1. 内燃机产品的命名

内燃机产品名称均按所采用的燃料命名,例如,汽油机、柴油机、煤气机、沼气机、双(多种)燃料发动机等。

2. 内燃机型号的组成

(1)首部:产品系列符号和换代标志符号,由制造厂根据需要自选相应字母表示,但需经行业标准化归口单位核准、备案。

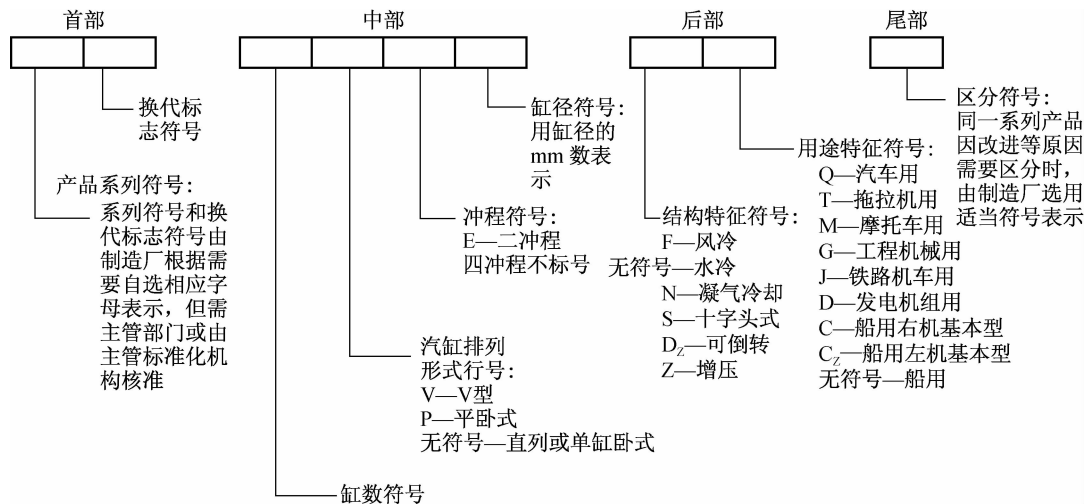
(2)中部:由缸数符号、汽缸排列形式符号、冲程符号和缸径符号组成。

(3)后部:由结构特征和用途特征符号组成。

(4)尾部:区分符号。同一系列产品因改进等原因需要区分时,由制造厂选用适当符号

表示。

内燃机名称及型号中各符号所代表的意义如下：



3. 型号编制示例

1) 汽油机

1E65F——单缸、二冲程、缸径 65 mm、风冷、直列。

EQ6100-1——表示东风汽车工业公司生产、六缸、四冲程、直列、缸径 100 mm、水冷, 区分符号 1 表示为第一种类型产品。

BJ492QA——表示北京汽车制造厂生产、四缸、四冲程、直列、缸径 92 mm、水冷、汽车用, 区分符号 A 表示为变型产品。

CA6102——表示第一汽车集团公司制造、六缸、四冲程、缸径 102 mm、水冷、船用。

2) 柴油机

R175——单缸、四冲程、缸径 75 mm、水冷、直列(这里取 R 表示 175 的换代标志符号)。

CA6110——表示第一汽车集团公司生产、六缸、四冲程、直列、缸径 110 mm、水冷。

YZ6102Q——表示扬州柴油机厂生产、六缸、四冲程、直列、缸径 102 mm、水冷、汽车用。

12VE230ZC_z——12 缸、二冲程、V 型、缸径 230 mm、增压、船用左机基本型。

6E430SD_zC_z——六缸、二冲程、缸径 430 mm、十字头式、可倒转、船用左机基本型。

G6300D_zC——六缸、四冲程、缸径 300 mm、可倒转、船用右机基本型(G 为产品系列代号)。

1.3 发动机主要性能指标和特性

1.3.1 发动机主要性能指标

发动机指示指标和有效指标是评价发动机工作性能的指标。一般以工质在汽缸内推动活塞做功为基础的指标称为发动机指示指标。它用来评价发动机实际工作循环进行的好坏, 以及燃料的热能转变为功的完善程度。发动机指示指标在生产和使用中应用不多, 可作

为一般了解。以发动机曲轴对外输出功率为基础的指标称为发动机有效指标,有效指标在生产和使用中应用较多。发动机的有效指标有动力性能指标和经济性指标,动力性能指标包括有效转矩、有效功率、转速等,经济性指标包括燃油消耗率和有效热效率。有效指标的动力性指标表明了发动机对外输出的实际能够被利用的功的大小,而其经济性指标则显示了燃料的热能有多少转为能被利用的有效功。

有效指标和指示指标的主要区别在于有效指标扣除了发动机自身消耗掉的功,这些功在热功转换过程中要维持发动机实际循环工作过程的进行。在实际生产和使用中,评价发动机性能好坏以及评价发动机维修质量好坏,都使用有效指标。下面就着重介绍几个常用的发动机有效指标。

1. 动力性能指标

动力性能指标包括有效转矩、有效功率、升功率、转速和平均有效功率等。

有效转矩和有效功率是发动机最重要的有效动力性能指标,用来衡量发动机动力性能的好坏。

1) 有效转矩

发动机对外输出的转矩称为有效转矩,用 M_e 表示,单位为 $N \cdot m$ 。也可用测功器测定,有效转矩与外界施加于发动机曲轴上的阻力矩相平衡。

2) 有效功率

发动机通过曲轴飞轮在单位时间内对外输出的有效功称为有效功率,它等于有效转矩与曲轴角速度的乘积,用 P_e 表示,单位是 kW 。发动机有效功率可用台架试验方法确定,也可用测功器测定。然后,运用下面的公式计算发动机的有效功率。

$$P_e = \frac{M_e \times n}{9\,550} \quad (1-3)$$

式中, M_e 为有效转矩, $N \cdot m$; n 为曲轴转速, r/min 。

3) 升功率

在标定工况下,发动机汽缸单位工作容积所发出的有效功率称为升功率,用 P_c 表示,单位为 kW/L 。升功率计算公式为

$$P_c = \frac{P_e}{i \times V_h} = \frac{P_e}{V_L} \quad (1-4)$$

式中, P_e 为发动机标定功率, kW ; i 为汽缸数; V_h 为单个汽缸工作容积, L ; V_L 为发动机工作容积或发动机排量, L 。

升功率是从发动机有效功率出发,对其工作容积的利用率进行评价,是评价发动机整机动力性能和强化程度的指标。

4) 发动机转速及标定功率

发动机曲轴转速的高低关系到单位时间内作功次数的多少或发动机有效功率的大小,即发动机的有效功率随曲轴转速的不同而改变。因此,在说明发动机有效功率的大小时,必须同时指明其相应的转速。在发动机产品标牌上规定的功率及其相应的转速分别称为标定功率和标定转速。发动机在标定功率和标定转速下的工作状况称为标定工况。标定功率是发动机所能发出的最大功率,它是根据发动机用途而制定的有效功率最大使用限度。同一种型号的发动机,当其用途不同时,标定功率值也不相同。按照汽车发动机可靠性试验方法的规定,汽车发动机应能在标定工况下连续运行 $300 \sim 1\,000$ h。

5) 平均有效功率

发动机汽缸单位工作容积对外输出的有效功率称为平均有效功率,用 p_e 表示, p_e 与 P_e 之间有以下关系式:

$$p_e = \frac{30 \times P_e \times \tau}{V_h \times i \times n} \times 10^3 \quad (1-5)$$

式中, τ 为冲程数,四冲程 $\tau=4$,二冲程 $\tau=2$; V_h 为单个汽缸工作容积, L; i 为汽缸数; n 为发动机转速, r/min。

2. 经济性能指标

有效热效率和燃油消耗率是发动机的经济性能指标。

燃料燃烧产生的热量转化为有效功的百分数称为有效热效率,用 η_e 来表示。有效热效率越高,发动机经济性能越好。

发动机每发出 1 kW 有效功率,在 1 h 内所消耗的燃油质量称为燃油消耗率,用 g_e 表示,单位为 g/(kW·h)。很明显,燃油消耗率越低,经济性能越好。

燃油消耗率 g_e 的计算公式为

$$g_e = \frac{G_T}{P_e} \times 10^3 \quad (1-6)$$

式中, G_T 为发动机工作每小时耗油量, kg/h, 可由试验确定; P_e 为发动机的有效功率, kW。

发动机的性能是随着许多因素而变化的,其变化规律称为发动机特性。

1.3.2 发动机的速度特性

当燃料供给调节机构的位置固定不变时,发动机性能参数(有效转矩、有效功率、燃油消耗率等)随转速改变而变化的曲线,称为发动机速度特性曲线。这个特性曲线可以通过发动机在试验台(如测功器试验台)上进行试验而求得。试验时,先保持燃料供给调节机构的位置一定(汽油机为节气门开度,柴油机为齿条位置),用测功器对发动机曲轴施加一定的阻力矩。当发动机运转稳定后,即阻力矩与发动机发出的有效转矩相等时,可用转速表测出此时的稳定转速 n ; 同时,在测功器上测出该转速下的发动机有效转矩 M_e ; 根据式(1-3)即可计算出有效功率 P_e 。另外,可测出消耗一定量燃油所经历的时间,用以换算出发动机每小时耗油量 G_T ,从而按式(1-6)计算出燃油消耗率 g_e 。改变测功器的阻力矩数值,用与上述相同的方法,又可以得到相应于另一转速 n 的一组 M_e 、 P_e 、 g_e 数值,如此重复若干次,即可得到一定燃料供给调节机构位置下的一系列 n 、 M_e 、 P_e 、 g_e 的数值。根据这些数据就可以画出 M_e 、 P_e 、 g_e 随 n 变化的关系曲线,即相应于这一燃料供给调节机构位置下的发动机速度特性曲线。

如果改变燃料供给调节机构的位置又可得到另外一组特性曲线,则当燃料供给调节机构位置达到最大时,所得到的是总功率特性,也称发动机外特性,如图 1-15 所示;而当燃料供给调节机构位于其他位置时,所得到的特性称为部分速度特性。

发动机的外特性代表了发动机所具有的最高动力性能。从图 1-15 中可以看出,当曲轴转速为 n_2 时,发动机发出最大有效转矩。当转速小于 n_2 时,发动机燃烧不良。另外,转速降低,每个工作循环的时间增长,气体燃烧与汽缸壁接触时间也增长,由于冷却而产生的热量损失就更大。因而,有效转矩略微减小。转速由 n_2 不断增加时,由于进气行程时间短,气

流速度高,阻力大,充气量也较少,而且摩擦损失又大,故 M_e 也随之减小。

当转速达到 n_3 ,有效功率 P_e 达到最大值时,有效功率是有效转矩与转速的乘积。在 $n_1 \sim n_2$ 范围内, M_e 、 n 都是逐渐增加,其乘积也增加,故在转速 $n_1 \sim n_2$ 范围内, P_e 随 n 的增加而增加。在 $n_2 \sim n_3$ 范围内, n 虽然增加,但 M_e 却逐渐降低,不过降低较缓慢,故 P_e 缓慢地增加,到 n_3 时, P_e 达到最大值。转速超过 n_3 时,虽然 n 是增加的,但由于 M_e 下降很快, P_e 也逐渐下降。

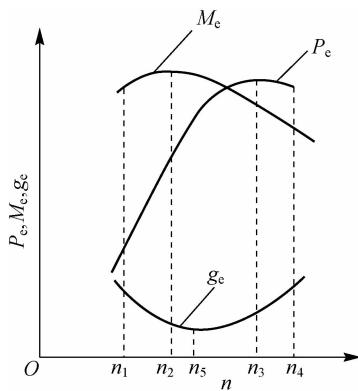


图 1-15 发动机外特性曲线

从图 1-15 中还可以看出,发动机最小燃油消耗率的相应转速为 n_5 ,它的数值一般介于最大有效转矩时转速和最大有效功率时转速之间。

外特性曲线上标出的发动机最大有效功率和最大有效转矩及其相应的转速,是表示发动机性能的重要指标。要联系汽车使用条件,如道路情况所要求的克服的阻力数值、最高车速等来分析发动机外特性曲线是否符合要求。

1.3.3 发动机工作状况

发动机运行状态或工作状态负荷常以功率和转速来表征。发动机负荷是指发动机驱动从动机械所耗费的功率或有效转矩的大小;也可表述为发动机在某一转速下的负荷,即当燃油供给调节机构达到最大时发动机发出的功率与同一转速下燃油供给调节机构位于其他位置时可能发出的功率之比,以百分数表示。

如图 1-16 所示为某汽油发动机的负荷曲线。I 表示相应于燃料供给调节机构位置最大时的外特性曲线,II、III 分别表示燃料供给调节机构位置依次减小到位置 II 和位置 III 所得到的部分速度特性曲线。

由图可知,在 $n=3\,500\text{ r/min}$ 时,若燃料供给调节机构位置最大,可得到转速下可能发出的最大功率 45 kW;但如果燃料供给调节机构位置为 II 和 III,则同样转速下只能发出 32 kW 和 20 kW 的功率。根据上述定义,可求出 a、b、c 和 d 四个工况下的负荷值:

工况 a:负荷为零(称为发动机空载工况);

工况 b:负荷 $= 20/45 \times 100\% = 44.4\%$;

工况 c:负荷 $= 32/45 \times 100\% = 71.1\%$;

工况 d:负荷 $= 45/45 \times 100\% = 100\%$ (即发动机全负荷)。

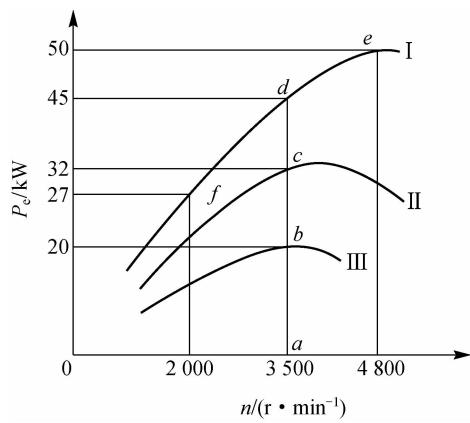


图 1-16 汽油发动机的负荷曲线

应当注意的是,不要把负荷和功率的概念相混淆。如某一转速时全负荷(如 d 点)并不意味着是发动机发出的功率为最大功率,发动机的最大功率应当是工况 e 的功率。又如,在 f 工况下,虽然功率比工况 c 小,但却是全负荷。也就是说,功率的大小并不代表负荷的大小。

此外,在外特性曲线上各点都表示在各转速下的全负荷工况,但在同一条部分速度特性曲线上各点的负荷值却并不相同。在同一转速下,燃料供给调节机构位置越大表示负荷越大,但两者并不成比例。

1.4 维修总论

1.4.1 零件的耗损

1. 摩擦与润滑

工作零件的摩擦与润滑是分不开的。

在一组相对运动着的零件表面之间引入润滑剂,便产生了使摩擦系数明显减小的作用。为了防止相对运动的零件表面直接接触,可以依靠润滑剂的粘性及零件表面的几何形状和零件的运动,使润滑油产生足够的压力进行润滑。还可以用外部泵送润滑油的方式来保证零件的润滑。发动机曲轴就是用这种方式来润滑的。

1) 液体摩擦

液体摩擦是指两工作表面完全被润滑油隔开的摩擦,其摩擦系数明显减小。这样的润滑膜厚度在工程上一般是 $0.0015 \sim 1 \text{ mm}$ 。由于两摩擦表面不是直接接触,当发生相对滑动时,其摩擦只发生在润滑油液体分子之间。所以,液体摩擦的性质完全决定于液体的粘度。从理论上说,液体摩擦是不发生磨损的,而实际上有微小的磨损。液体摩擦的摩擦阻力较小,摩擦系数也小。

根据液体润滑膜压力的产生方式的不同,可将其分为液体动压润滑和液体静压润滑。在工程技术中经常采用液体动压润滑,如图 1-17 所示。

在图 1-17 中,轴承形成油膜的厚度及支承能力取决于轴的直径,轴的表面粗糙度,形成油楔的形状,轴的转速及载荷的性质和润滑油的粘度等。

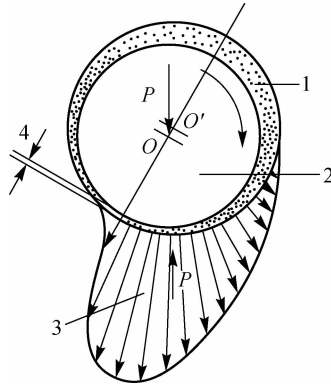


图 1-17 滑动轴承的液体动压润滑原理

1—轴承；2—轴；3—油膜上的压力分布；4—油膜厚度

一般来说,液体润滑的效果比较稳定。但是,在轴承的工作温度过高使润滑油粘度下降,轴承的转速和载荷波动很大的情况下,油膜的承载能力就会下降,特别是起动和停车的过渡过程,不可避免地使油膜被破坏,甚至发生干摩擦现象。

2) 边界摩擦

边界摩擦是两摩擦表面被一层极薄的润滑油边界膜分开的摩擦。这层薄膜的厚度通常在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下,其性质与润滑介质的性质不同,润滑性能好。在边界摩擦条件下,界面的润滑性能决定于这层薄膜的性质,而与润滑油的粘度无关。例如,曲轴的滑动轴承,汽缸与活塞环,凸轮与挺杆等都可能出现边界摩擦。

边界膜主要由吸附在零件工作表面上的润滑介质的物理吸附膜和化学吸附膜构成。物理吸附膜是被润滑介质分子吸引使极性分子定向排列,吸附在金属表面,吸附和脱吸完全可逆。如脂肪酸极性分子吸附在金属表面,形成脂肪酸膜。化学吸附膜是润滑介质中极性分子有价电子与基体表面的电子发生交换,而产生化学结合力,使金属皂的极性分子定向排列,吸附在金属表面,吸附和脱吸不完全可逆。如有水的情况下,硬脂酸极性和氧化铁反应生成硬脂酸膜。

3) 干摩擦

在零件摩擦表面之间完全没有润滑介质的摩擦称为干摩擦。例如,飞轮与离合器摩擦片、制动鼓与制动蹄片之间的摩擦均属于干摩擦。干摩擦分子吸附膜的润滑作用模型是作为一种特殊需要而存在的。在一般情况下,运动的零件表面是不允许存在干摩擦的,特别是在高速运动的零件,一旦发生干摩擦,大量的机械能量就将会转变为热能,导致机件烧坏。关于干摩擦的机理,现在有不同的观点。

4) 混合摩擦

前面将物体的摩擦分为液体摩擦、边界摩擦和干摩擦,只是为了论述的方便。实际上,在工作中这三种摩擦是混合存在的。除特殊设计要求外,实际中的摩擦都是混合摩擦,如图 1-18 所示。混合摩擦的摩擦系数决定于各种摩擦所占的比例。如汽车的各种摩擦副轴与轴承、齿轮间,我们希望它们是在液体摩擦条件下工作,但实际上不可避免地在起动和冲击载荷时出现边界摩擦,甚至是干摩擦。在正常的运转中,轴与轴承多数是在液体摩擦和边

界摩擦条件下工作,其磨损很小。壁与活塞环之间的摩擦以边界摩擦和干摩擦为主。

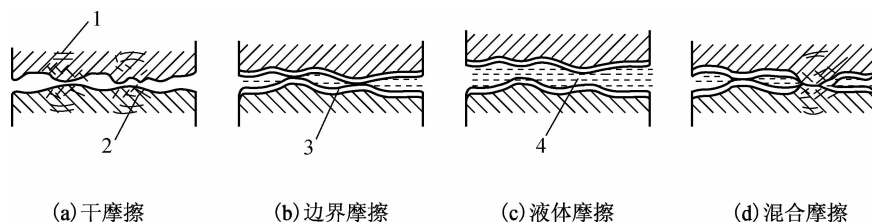


图 1-18 摩擦状态

1—弹性变形; 2—塑性变形; 3—边界膜; 4—液体

2. 零件的磨损

磨损是两个相对运动的零件的摩擦表面间相互作用的结果,是摩擦表面金属不断损失的现象。磨损多数情况下是有害的,会造成零件的破坏;但也可能是有益的,如磨合。磨损是一个复杂的过程,它包括物理的、化学的、机械的、冶金的综合作用。对于一个表面的磨损可能是单独的或是综合的机理造成的。

按零件破坏的机理,磨损可分为:粘着磨损、磨料磨损、表面疲劳磨损和腐蚀磨损,而磨损经常以复合的形式出现。

1) 粘着磨损

粘着磨损是在摩擦表面相互接触点间发生的。摩擦表面在切向力作用下,使金属表面吸附膜、边界膜被破坏,新的金属表面直接接触而发生粘着。由于粘着作用使一个零件表面金属转移到另一个零件表面所引起的磨损称为粘着磨损。零件表面负荷越大,表面温度越高,粘着磨损现象越严重。粘着磨损按其发生的部位可分为外部粘着磨损和内部粘着磨损。

(1)外部粘着磨损。当两种金属内部结合强度大时,粘着磨损只发生在粘着点上,表面材料的转移极轻微,即为轻微的磨损,其工作表面较为平滑。例如,活塞环与汽缸壁间由于润滑不足经常发生这种磨损。

(2)内部粘着磨损。当粘着点的结合强度高于两相互配合金属中任一方的内部结合强度时,粘着后的分离面将发生在较软金属的内部。每发生一次粘着磨损,软金属就被挖去一块,其磨损表面将出现很粗糙的撕裂痕迹,这种情况称为内部粘着磨损。这种磨损剧烈,但可以避免。

在多数情况下,两种粘着磨损是同时发生的,一部分粘着点是在金属凸点上发生的,另一部分粘着点是从金属凸点内部发生的。

粘着磨损受材料特性、零件表面粗糙度、润滑油、运动速度和单位面积上压力等因素的影响。

2) 磨料磨损

在摩擦表面间,由于硬质固体颗粒使相对运动的零件表面产生磨损,称为磨料磨损。磨料大都为空气中的尘埃和粘着磨损脱落的金属颗粒。

磨料磨损的现象是在两个工作表面上存在有许多直线槽,它们可以是轻微的擦痕或是很深的沟槽。

(1) 常见磨料磨损的形式。

①疲劳剥落或塑性挤压。磨料夹在两摩擦表面之间,在压力作用下被压碎。被压碎的磨料对金属表面产生集中高应力,使零件表面产生疲劳和剥落。如果磨料进入齿面,易发生

疲劳和剥落;如果磨料进入轴承间,易发生塑性挤压。

②擦痕。混合在液体或气体流中的磨料,随流体以一定的速度冲刷零件的工作表面,并产生擦痕。例如,柴油机喷油嘴的针阀磨损,即属于这种磨损。

(2)磨料磨损受试件所经过的滑动距离、所受单位压力、金属材料硬度、磨粒的硬度等因素的影响。磨损量与磨粒尺寸的关系如图 1-19 所示。

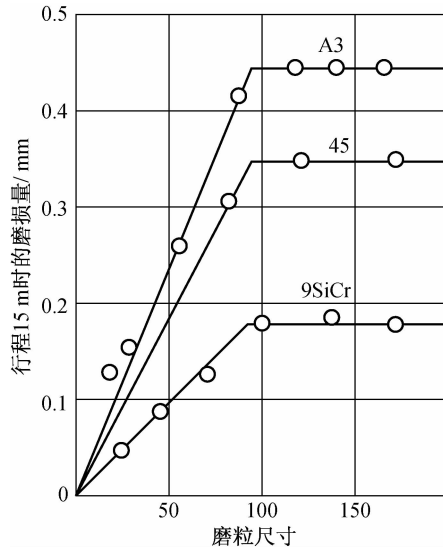


图 1-19 磨损量与磨粒尺寸的关系

(3)减轻磨料磨损的主要措施。汽车发动机的磨料磨损主要是空气中的磨料造成的。空气中的磨料主要是尘土和沙粒等,有时空气中的含沙量很大,可达 $1\sim 2\text{ g/m}^2$ 。为除去空气中的灰尘,在发动机上应配备滤清效果好的空气滤清器。对于燃油也要滤清,特别是柴油机对于燃油的滤清要求更严格。

3) 表面疲劳磨损

表面疲劳磨损是指在纯滚动或同时带有滑动的滚动摩擦条件下,发生在材料表层的疲劳破坏现象。其特点是由于接触应力的反复作用,首先在表层内产生疲劳裂纹,然后裂纹沿着与表面成锐角的方向发展,达到某一深度后,又越出表面,最后脱离,在零件表面形成了小坑,这种现象称为疲劳磨损,如齿轮的齿面及滚动轴承滚道的斑点剥落。

表面疲劳磨损分为两类:非扩展性和扩展性。

(1)非扩展性表面疲劳磨损。在新的摩擦表面凸点上,单位接触压力很大,容易产生小麻点,但随着接触面积的扩大,单位接触压力降低,小麻点就停止扩大。

对于塑性较好的材料,因加工硬化作用,使小麻点不能继续扩展。

(2)扩展性表面疲劳磨损。当材料塑性较差时,在接触表面上作用有较大的压力和切向力的情况下,使表面产生小裂纹并扩展而使金属脱落,形成小麻点和扩展成凹坑,使零件不能继续工作。

4) 腐蚀磨损

在摩擦过程中,由于介质的性质、介质的作用与摩擦材料性能的不同,将出现不同的腐蚀磨损。

腐蚀磨损的产生是由于摩擦零件的表面在腐蚀性气体或液体环境中工作时产生化学反

应。在零件表面上,可以生成化学反应膜。化学反应膜通常与基体金属结合不牢,当零件发生摩擦时,可能使表面氧化膜脱落,这些氧化膜脱落后,又成为微小磨料。

零件表面的腐蚀不一定都是有害的。表面的氧化膜或其他金属膜附着在摩擦零件表面可以减轻金属微凸体的粘着磨损。没有氧化膜的金属表面磨损往往是很严重的。

腐蚀磨损可分为氧化磨损、化学腐蚀磨损、电化学腐蚀磨损和穴蚀。

(1)氧化磨损。摩擦的金属表面与氧化性介质作用形成氧化膜,在氧化膜摩擦过程中脱落后,又很快形成新的氧化膜。一般在空气中氧化磨损速度较慢。磨损的特征是金属的表面沿滑动方向呈均匀细磨痕,磨损产物为红褐色。若形成的氧化膜是脆性的,它与基体的结合处抗剪切性能差,这时,若氧化速度低于磨损速度,则氧化膜极易被磨损。若形成的氧化膜韧性好,与基体结合处的抗剪切性能好,或是氧化速度高于磨损速度,则氧化膜起着保护摩擦表面的作用。

在汽车零件的磨损中,普遍存在有氧化磨损。轴颈表面的氧化磨损是较严重的。经过机械加工后的轴颈表面能迅速地形成一层微薄的氧化膜,当其在润滑油中工作时很快磨去氧化膜。但由于润滑油中含有水分、燃烧产物和润滑油自身的分解作用,使摩擦表面形成新的氧化膜。当摩擦表面相互滑动时,产生一定的剪切力,可能使金属的凸起部分的氧化膜剥落。内层金属又被氧化,这样反复作用造成氧化磨损。

摩擦表面上的氧化膜性能对零件的磨损产生重要影响。应使零件磨损初期形成氧化膜,它可以提高零件抗磨损的性能。氧化膜可以降低摩擦系数和磨损速率,提高零件的使用寿命。在工作中不应有过大负荷,避免氧化膜被破坏。

氧化磨损是汽车零件各类磨损中速率最小的一种磨损。钢制的零件表面,在一定的条件下,可以形成坚而韧的氧化膜,起到良好保护作用。而铝制零件上的氧化膜是脆而硬的,所起的耐磨保护作用不大。

氧化磨损受滑动速度、接触压力、润滑状态等因素的影响。

(2)化学腐蚀磨损。化学腐蚀磨损是指摩擦副与酸、碱、盐等特殊介质作用使工作表面发生腐蚀,并在摩擦作用下破坏了氧化膜而引起的磨损,随腐蚀速度的加快而加快。

在滑动轴承中,若轴承合金中含有镉、铅等元素,容易被润滑油中的酸性物质腐蚀,在轴瓦上形成黑点,逐渐扩展成为松软组织而脱落。因此,在选用润滑油时应注意它的成分和性质。

(3)电化学腐蚀磨损。电化学腐蚀磨损是指金属与介质发生电化学反应而引起的磨损。

金属与电解质溶液相接触,形成原电池,其中电位低的部分遭受腐蚀。两种不同的金属放在电解质溶液中用导线连接,由于它们的电极电位不同,构成原电池。电位较低的金属,由于原子溶解成正离子,使它表面的电子过剩而构成电池的负极。它将使负极金属遭到损失。

在金属零件表面上,由于存在不同的合金成分及金属组织的不均匀、金属中夹杂物、金属面的钝化膜和裸露的金属表面等都可以构成原电池。此外,腐蚀介质的浓度差异,温度的不同及内应力的差别都可以产生电位差而构成原电池,引起零件的腐蚀磨损。由此说明,产生原电池的条件是比较广泛的。从形成原电池的环境来说,在大气中的零件,当大气中相对湿度超过某一临界值时,在零件表面上的吸湿性物质就从大气中吸收水分,使零件表面潮湿。同时,空气中的二氧化碳、二氧化硫等气体溶于零件表面水中,形成了腐蚀电解液,造成

电化学腐蚀磨损。

(4)穴蚀。相对于液体运动的固体表面,因气泡破裂产生局部冲击高压或局部高温所引起的零件表面剥落现象称为穴蚀。

在液体与零件表面接触处有相对运动时,将产生气泡。当气泡流到高压区时将溃灭,瞬间产生极大的冲击力和释放出巨大的能量。由于气泡的反复作用使金属表面疲劳而脱落,呈现麻点状,随后逐渐发展成为针状孔洞。

柴油发动机湿式缸套的外壁经常发生穴蚀,如图 1-20 所示,缸套的局部表面集中出现了蜂窝状的孔穴。孔穴为直径约 1 mm 的针状孔,严重时使缸壁穿透。

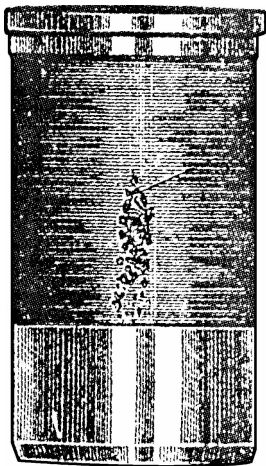


图 1-20 缸套穴蚀

发动机工作时,汽缸内燃烧气体压力周期性变化,活塞在往复运动的同时,在汽缸内还要左右摆动。汽缸要承受活塞运动的侧向力,将使汽缸产生振动,与汽缸壁接触的冷却水在汽缸壁振动的影响下生成空泡或气泡。当气泡流到高压区或液体内压力再度升高时,气泡向内炸裂,释放出巨大的能量,使汽缸壁表面损坏,产生许多麻点而后逐渐扩大形成孔穴。穴蚀出现在连杆摆动的平面内,汽缸承受活塞最大侧向力一方。在与汽缸套发生穴蚀表面相对应的汽缸体内表面也有相应的穴蚀现象。

穴蚀现象在滑动轴承中也时常出现,如图 1-21 所示。

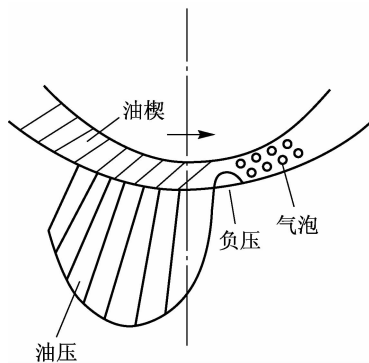


图 1-21 滑动轴承的穴蚀

滑动轴承穴蚀发生的部位是在最薄油膜区后的负压区。这是由于轴的转速提高到一定程度,轴在工作中发生振动,当轴的振动频率达到千赫兹的范围时,极薄的液体油膜不能适应高频下周期性压力降低的情况。因此,在润滑油内发生空泡或气泡,它们不断形成和溃灭,在轴承表面发生穴蚀,逐步发展成小孔群。

5) 微动磨损

在零件的嵌合部位、静配合处没有宏观的相对位移,但在工作中却要承受微小的振动,使相互接触的表面凸起发生粘着和滑移,引起接触点处的剪切使表面氧化膜破坏,呈细微氧化物粉末状。这种情况又起一种磨料作用,引起较严重的磨损,这种磨损称为微动磨损,如花键连接、螺纹连接、静配合的轴与孔、滚动轴承的外座孔。所以微动磨损将使静配合的零件松动。

微动磨损是氧化磨损、磨料磨损和粘着磨损等几种机理合成的结果。由于氧化作用使零件表面生成红褐色锈斑。当其磨损脱落时形成坚硬的氧化粒子,成为磨料,氧化膜又继续形成,在静配合零件的表面,在微凸体上发生粘着与剪切作用。所以,微动磨损是几种磨损形式的综合体现。

微动磨损受周围介质中氧、材料性能振动的频率、强度载荷、周围介质等的因素影响。

3. 零件的疲劳损坏

疲劳损坏是使零件报废的重要原因。疲劳是材料在交变载荷作用下的一种破坏现象。车架的裂纹、曲轴的裂纹与断裂、滚动轴承的损坏多数是由于材料的疲劳引起的。疲劳断裂与静载荷下的断裂不同,其特点是破坏时的应力远低于材料的抗拉强度,甚至低于材料的屈服界限。疲劳断裂不产生明显的塑性变形,会突然发生断裂。疲劳发生在零件局部的应力集中的区域。

1) 疲劳裂纹的特点

疲劳损坏的断面形态和一般破坏的形态不同,其断口从宏观来看是由两个区域构成的,即疲劳裂纹发生扩展区及最后断裂区,如图 1-22 所示。

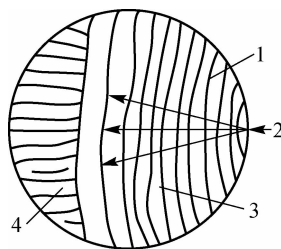


图 1-22 疲劳断裂断口示意图

1—疲劳线；2—裂纹策源地；3—裂纹的发生扩展区；4—最后断裂区

(1) 疲劳裂纹的发生扩展区。最初疲劳裂纹的发生往往是由于零件的结构或材料方面的内部缺陷引起的,这些区域便是疲劳裂纹的策源地。在工作中发展成微裂纹,它在交变应力作用下继续扩大。在疲劳裂纹发生扩展区常常留下一条条同心弧线称为疲劳线。这部分断口面常经过反复挤压、摩擦,其断面金属颗粒细而光亮。

(2) 最后断裂区。最后断裂区是最后瞬时突然折断的连接部分,也称为瞬时断裂区。由于疲劳裂纹的扩展,使零件的有效承载断面逐渐减小,应力不断增大。当应力超过材料的断裂强度极限时则发生断裂形成最后断裂区。因此,最后断裂区和拉伸断裂的断面一样,金属

颗粒粗大。对于塑性材料,其断口为纤维状暗灰色,脆性材料则呈结晶状。

疲劳裂纹的发生扩展区和最后断裂区所占面积的比例,随所受拉力的大小而变,当名义应力小而又无大的应力集中时,则疲劳裂纹扩展区大;反之,则小。

2) 疲劳裂纹的产生

疲劳裂纹的产生取决于三个因素:交变应力的大小、交变载荷的循环次数、材料的疲劳强度。如图 1-23 所示为曲轴过渡圆角处的应力集中造成的塑性变形。

零件产生疲劳损坏的原因是由于交变载荷多次重复作用在应力集中的部位,使材料发生塑性变形,出现微观裂纹,成为零件进一步损坏的原因。如图 1-24 所示为由锻造曲轴纤维方向的问题引起的疲劳裂纹。

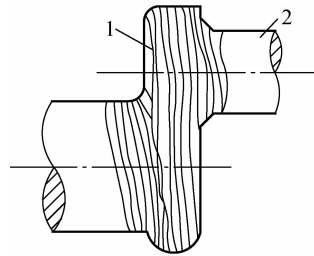
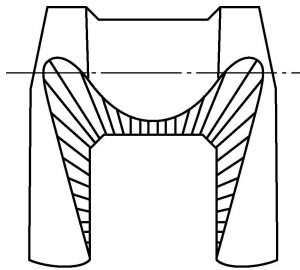


图 1-23 曲轴过渡圆角处的应力集中造成的塑性变形 图 1-24 锻造曲轴纤维方向的问题引起的疲劳裂纹

1—曲柄壁; 2—轴颈

3) 疲劳损坏的影响因素

疲劳损坏受应力材料、加工粗糙度、金属表面的强化金属组织的晶粒、细化材料的纤维方向、疲劳极限工作载荷等因素影响。

4. 零件的变形

汽车零件的变形,特别是各总成的基础件的变形破坏了各零件的装配关系,降低了汽车的修理质量和大修间隔里程,严重影响总成的工作性能和使用寿命。

零件在使用中发生变形的原因主要有残余内应力、外载荷、温度以及一些修理和使用因素。

5. 非金属构件的老化

汽车上非金属构件主要指橡胶制品,橡胶制品在储存和使用中,受到热、光、空气、臭氧等外界环境的作用,使橡胶制品中的橡胶分子发生裂解和交联等作用而发生老化。老化是橡胶制品质量降低的主要原因。影响橡胶制品老化的因素有氧化、臭氧、温度、光、水分等。

1.4.2 零件的检验

1. 零件磨损的检验

零件磨损的检验主要是对正常磨损的检验。而非正常磨损是属于较严重的损伤,已超出了正常磨损的范围,它们用肉眼可明显看出。当然,正常磨损也可用目测、手揸等凭经验来估计,但是这不是定量的,作为定量检验必须通过量具测得。

2. 零件变形的检验

零件或组合件发生弯曲、扭曲、翘曲等外部形状变化后的检验,一般可采取测量径向、轴

向跳动、平面度和对称度等形位公差的测量方法来确定零件的变形程度。

3. 零件隐伤的检验

零件的隐伤是视力所不易看到的隐蔽的缺陷。例如,疲劳显微裂纹,如果没有及时检查发觉,有可能会引起机件事故,甚至会发生恶性的行车事故。

检查零件隐伤的方法很多,一般有水压试验、敲击探伤、着色探伤、磁力探伤以及更先进的超声波探伤等方法。

1) 水压试验

对发动机汽缸体,汽缸套,进、排气歧管等容腔、管道类零件,可采取水压试验来检验隐伤。如图 1-25 所示为汽缸体、汽缸盖裂纹水压试验。检查时,将汽缸盖及汽缸床装在汽缸体上,将其他水道口堵住,将水压机油管接在汽缸体前端进水口处,注水后进行试验。要求在 294~392 kPa 的压力下保持 5 min,各部位无漏水、渗水现象。有时汽缸体、汽缸盖也可用平板压住,分别进行试验。

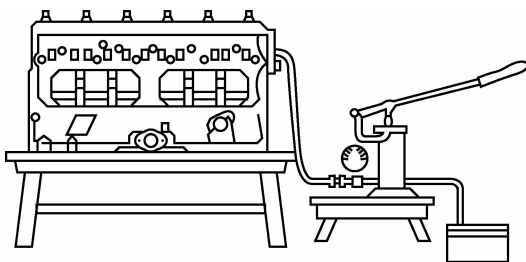


图 1-25 汽缸体、汽缸盖裂纹水压实验

2) 敲击探伤

敲击探伤有两种:一种是用手锤直接敲击被检测零件的非工作表面,通过辨别零件发出敲击声响的异常来判断是否存在裂纹;另一种是将零件浸入煤油或柴油中片刻,取出后将表面擦干,撒上一层白垩粉,然后用手锤敲击零件,一面听察响声的异常,另一面检查零件表面,若有裂纹,则会出现油迹痕。这些方法均较简单,可在维护作业中检查转向节、半轴套管等有关零件的表面疲劳裂纹。

3) 着色探伤

首先,清洁被检测零件表面,并擦干净;其次,在被检零件表面喷涂一层红色溶液,红色溶液透性极强,如果表面有裂纹,红色溶液会很快渗透到裂纹中去;然后,再将零件表面的红色溶液擦干净,不留一点残迹;最后,再将白色溶液喷涂到零件表面,白色溶液是一种显影剂。如果零件有裂纹,原先渗透到裂纹中去的红色溶液会迅速与白色溶液显影而还原成粉红色的痕迹,可根据红色痕迹的大小、颜色的深浅来判断裂纹的区域部位和深浅。若喷涂白色溶液后,零件无颜色变化,则零件无裂纹,故擦净后可继续使用。

4) 磁力探伤

当钢铁零件充磁后,零件的断面有磁力线通过,磁力探伤是根据通过单位面积上的磁力线的多少和偏散程度来检查零件是否损伤的一种物理方法。当零件表面有纵向裂纹时,磁力线中断,绕过裂纹,而在裂纹四周的磁场强度增加。此时,可以用灵敏度较高的霍尔元件直接测量出该部磁场强度;或者从该区域的磁场与其他正常部位的磁场强度的变化来区别,以此来检查零件裂纹损伤程度和部位。有的探伤器还借助于磁铁粉、铁粉液,观察其吸附能

力的变化来判断裂纹深浅和部位。磁力探伤后会有剩磁,会增加零件磨损,应作退磁处理。

5) 超声波探伤

超声波探伤是指利用超声波,通过两个介质的接触面产生反射或折射的物理现象来检查零件损伤的一种物理方法。被检零件的隐伤,在超声波通过时,反射到测试仪器,以指明隐伤部位和区域。超声波探伤器设备较大,适宜解体后定位检查。探伤器品种较多,如红外线、荧光、激光等先进的仪器。但由于设备大,投资昂贵,在运输修理企业中难以采用。

4. 零件平衡的检验

汽车零件中高速运动的零件很多,如活塞、连杆、曲轴、飞轮、齿轮、传动轴和车轮等,对这些零件应作平衡检验。

1) 静平衡检验

一般情况下,转速较高、回转半径较大的零件应作静平衡试验,如飞轮、离合器压盘、盘式或鼓式制动器、皮带轮等。可在如图 1-26 所示平盘式静平衡机上检查,称出零件的不平衡量一般用 $g \cdot cm$ 表示。

该平衡机将可旋转并有刻度的平盘 3 和可摆动的摆架 2 支承在两个三棱体 1 的刃口上。平衡尺 5 上有重径积(质量和半径的乘积)的刻度,摆架上还有水平仪 4,平衡尺 5 的移动使摆架平衡。

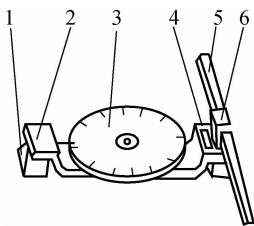


图 1-26 平盘式静平衡机

1—三棱体; 2—摆架; 3—平盘; 4—水平仪; 5—平衡尺; 6—支座

测量盘类零件时,将盘类零件旋转在平盘 3 上。定好中心,用平衡尺使摆架处于平衡,记录重径积。再转动平盘一刻度,等平衡后再记录一个重径积。当转动测量一圈后,根据重径积的大小和部位,钻去零件部分边缘金属后再检验,直至达到允许范围值内。

2) 动平衡检验

动平衡机的试验对高速旋转运动的长轴类零件和质量较大的车轮的工作噪声、振动有很好的控制作用。这类零件高速运转后。由于不平衡而产生了离心力。这种离心力呈振幅状,对某方向作用力时大时小,时正时负,产生了振动和频率,这就是噪声。动平衡机就是将这种振幅和频率作用在悬挂着的机架上,再将机架上的振幅和频率用电信号显示出来,测得不平衡量和部位,再进行平衡(钻去部分金属或增加金属片),使零件满足平衡要求。

5. 综合检验

以上几种方法都属解体后零件的检验,在修理时应用较广。随着科学技术的不断发展,不解体检查已逐步得到广泛应用。它能直观地检查出车辆某工况的试验状况。例如,检查发动机各种转速时的压力、温度、电流、电压以及声响,可用仪表、仪器显示出来,克服了单纯依靠人为判断所造成的失误。

现代国外汽车诊断技术较不解体检验跨越了一步。例如,在电脑诊断装置中,可逐次显

示节气阀在不同开度下发动机的转速、凸轮转角、正时提前角、CO 和 CH 的浓度、充电电压、点火线圈功率等项目的数据,还可以测出各缸依次断火后以上项目数据的变化,依此来判断发动机在各种负荷下的最佳工作方案。这些试验都是动态的模拟试验,没有电脑和先进的设备是不可能进行的。因此,检验手段的完善、合理和科学性取决于仪表、仪器的先进程度,而先进的仪表仪器又必须有高水平的修理人员来掌握、操作。

1.4.3 常用修理方法

1. 机械加工修复法

金属零件表面的切削加工称为机械加工。机械加工包括了通用机床的车、磨、刨、铣等加工工艺,也包括了钳工操作的锯、镶、钻、铰、刮削和研磨等手工加工工艺。机械加工是汽车修理中最重要、最常用的加工方法。

汽车零件的修复实质上就是零件的再次“制造”,它的加工对象不是新的坯件,而是一些旧的零件。因此,汽车修理中的机械加工往往不同于制造行业中的机械加工,有些只需微加工即可使用,但有些零件的修复有时比制造新件还要困难,这是由于以下几个方面所致:

(1)修理作业中机械加工余量较小,是零件使用后的再加工,而新零件的机械加工,为满足工艺需要,大多留有足够的加工余量。

(2)修理作业的机械加工批量小,而且规格繁多。

(3)旧零件的工作表面留有原来的淬硬层,使工件硬度较高,不利于机械加工。

尽管零件修复的机械加工比较困难,但为了保证修复零件的互换性、耐久性,就要求它与制零件一样,必须符合零件的设计要求。因此,在零件修复前,应仔细查阅原来的资料及技术要求。在加工修复过程中,应尽量满足原件的加工精度和技术要求,不得随意改变原有的细小环节,如倒角、圆角、油槽、退刀槽等,以避免出现应力集中、油槽移位与润滑性能下降等一系列不良现象,从而降低加工修复零件的使用寿命。

2. 焊修

零件焊修是依靠电弧或气体火焰的热量,将金属和焊丝熔化,焊在零件上,以达到填补零件磨损(堆焊)和恢复零件完整(焊补)的要求。

焊修的零件可得到较高的结合强度,焊层的厚度又便于控制,一般手工焊的设备简单,修理成本较低,因此已成为修理行业中不可缺少的旧件修复方法。

但是,在焊修时,由于金属要局部加热到熔化状态,熔化区和靠近熔化区的金属难免要发生化学成分、机械性能、金相组织的改变。在加热和冷却过程中,零件会产生内应力,容易引起变形和裂缝。掌握焊接工艺,特别是非普通碳素钢的工艺也较难,这些均是焊修的缺点。汽车零件中除车厢和驾驶室外,大多数零件的可焊性较差,如合金钢、铸铁、可锻铸铁等。这样,焊修的缺点就尤为明显了。为了防止焊修零件的变形和裂缝,确保焊修质量,便采取了一系列的工艺措施,使整个焊修工艺复杂化,从而给操作者也带来一定的困难。

3. 电刷镀

近几年来,快速电刷镀在修理行业中得到了较广泛的应用。电刷镀不需要大型的镀槽,而用棉花和团状纤维浸透清洗液和电解液,直接在工件与极棒之间接通电源,与电解液构成回路,使电解液中的金属离子电析到被镀工件表面,被镀工件不断旋转而使镀层均匀,如

图 1-27 所示。

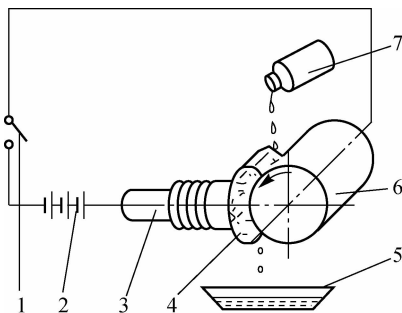


图 1-27 电刷镀原理图

1—开关；2—电源；3—电刷棒；4—团状纤维；5—液盘；6—工件；7—电解液

电刷镀的优点是：设备简单，可以流动性操作，作业时间短。缺点是：镀层结合强度差，且受工艺条件限制，电解液、清洗液之间容易相互污染。

4. 胶粘法

采用胶粘修复工件的特点是：工艺简单，设备少，成本低，对工件不需加热，没有变形。这种修复方法已在农村、矿山和中小型修理单位广泛使用。

汽车修理中直接应用胶粘的工艺有氧化铜胶粘、环氧树脂胶粘和厌氧胶粘等。

5. 校正

在汽车使用中，零件由于残余应力、外载荷、温度或事故等内外多方面因素而产生变形的主要表现为弯曲、扭曲和翘曲。零件校正的目的就是要消除零件的残余应力的形变，以恢复零件的正确形状。零件修复中应用的校正方法通常有压力校正、火焰校正和敲击校正三种。

1) 压力校正

(1) 压力校正的意义。压力校正是外加的静载荷使零件产生反变形的校正方法。压力校正应用很普遍，对一般金属零件均可采用，如连杆的弯曲和扭曲、气门杆弯曲、工字梁的弯曲和扭曲以及车架、驾驶室的变形等。

(2) 压力校正的方法。压力校正有两端校正和三点校正两种方法。

① 两端校正法。将零件的一端固定起来，再在另一端施加一个反弯矩或者反扭矩，使零件校正。例如，连杆扭曲、工字梁扭曲，离合器从动盘钢片翘曲等，都是采用两端法校正。有时对有些弯曲零件也采用两端法校正弯曲变形，如发现活塞偏缸后，可从车上将它拆下，为避免连杆与活塞销配合的拆装，先将连杆大头固定在台式虎钳上，再用与活塞销内径相匹配的长棒插入，然后施加一反弯扭的校正。但这种方法不宜多用，以免活塞、活塞销和连杆大头因变形而损伤。

② 三点校正法。一般用来校正弯曲变形，特别是轴类零件的弯曲变形。将零件的两端支承在 Y 形垫块上，并使其弯曲方向向上，下置一个百分表测量。当压力机施加压力在中央时，压力与零件弯曲方向相反，零件受压后的变形量可以在工件下百分表的读数上看到。如图 1-28 所示。变形量除与压力机的压力和行程有关外，还与两端支承距离有关。为防止作用点局部变形，应用软金属做垫衬。

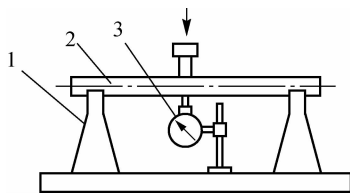


图 1-28 零件弯曲校正

1—Y形铁；2—轴；3—百分表

(3)压力校正的措施。在压力校正中,必须注意金属的弹性和弹性后效的影响,在常温下,由于金属塑性变形会使晶粒处于不稳定状态,而在卸去校正压力后,将有一部分晶粒恢复原来的变形状态,且会产生与校正方向相反的变形。针对这种弹性和弹性后效的影响。在零件压力校正时,应采取以下一些措施:

①要“矫枉过正”校正时,零件所产生的反变形量必须远远大于原来的变形量。也就是说,要“矫枉过正”。反变形量的多少由经验决定,一般中碳钢轴类零件的压力校正变形量为弯曲量的10倍左右。

②延长加载时间,使校正零件保持一定时间的压载荷,即加压后不要立即卸压,保持时间可达几小时甚至一两天。

③进行时效处理,零件校正后必须放置一段时间(数天或数十天);也可将校压零件均匀加热至 $150\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,并保温若干小时。

压力校正的优点是工艺简单,并可获得较大的变形量。但对于有轴肩的轴类零件,由于凸肩处应力集中过大,降低了轴的疲劳强度,容易在凸肩处出现裂纹。因此,在压力校正过程中可采用一些辅助措施,如加温与时效处理,或者予以多次校正等,但不宜盲目增加校正量。

2)火焰校正

(1)火焰校正的意义。火焰校正用氧气—乙炔火焰对变形零件(主要是弯曲)进行局部快速加热,并辅以浇注冷却液快速冷却,靠加热部位的冷缩应力作用来校正零件。

(2)火焰校正的应用与优点。一般火焰校正可以校正轴类、管形、平板和某些不规则的零件。它用的气焊设备极为普遍,火焰校正的效率较高,是应该掌握的一种校正方法。

(3)火焰校正的条件。在火焰校正中,金属加热冷缩而产生变形的大小,取决于加热温度、加热部位和材料的刚度。

①加热温度。加热温度和校正的能力成正比。从提高效果方面来说,加热温度应高一些,但温度过高会使金属再结晶导致晶粒粗大,影响了原料的金相组织,故加热温度过高是不利的。一般加热温度在 $200\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内选择。加热温度可用半导体测温器测出,但在实际生产中常需根据金属在不同温度下的颜色变化来掌握加热温度。

②加热范围。加热范围与校正效果关系密切,一般来讲,加热范围与校正效果成正比,但超出一定范围,效果反而降低,需凭经验掌握。加热范围是指加热的长度、宽度和深度。对于轴类零件长度的最佳范围约为全长的 $50\%\sim 70\%$,宽度为直径的一半左右,深度为厚度的 $30\%\sim 50\%$ 。对于复杂零件,应选择零件的边缘、转角等,并根据零件形状和变形部位来确定加热范围。

③材料的刚度。材料的刚度较难知道,一般只能根据材料的类别和改变加热温度的经验来判断、掌握。

3) 敲击校正

敲击校正用来校正曲轴弯曲变形。这种方法是采用专用的球锤轻敲曲柄臂,使曲柄臂受敲一面逐渐伸张而发生变形,从而带动曲轴轴心线产生位移,达到校正的目的。

曲轴是复杂形状的零件。曲轴工作时,在外力的作用下,两曲轴臂间有并拢的趋势,使其变形得到纠正。

在曲轴敲击修复时,应熟练掌握敲击力大小和敲击区域,敲击力在 294~490 N 左右。敲击修复,采用压缩空气锤可减轻劳动强度。敲击区域的选择是最困难的,首先可根据曲轴弯曲方向选定第几道曲柄臂的敲击修复会效果最佳。在选择曲柄臂后,还得确定敲击的部位,若敲击部位不当或过小,反会适得其反。一般敲击区域在曲柄臂的两侧附近,区域范围应超过两轴颈的距离,但不超过两轴颈的中心距的弧形区域。这必须由专人修复,才能逐渐掌握敲击后的变形规律,对于初学者来讲,不宜盲目采用敲击修复法。

敲击校正在板类零件修复作业中也有应用。例如,在有筋的板件变形后,除了对板件变形作平面敲击修复外,还应对筋骨处进行敲击整平,这样才能将整个板面整平。

本章小结

本章重点讲述了发动机的总体结构、四冲程和二冲程发动机工作原理、发动机型号编制规则,发动机主要性能指标和特性以及维修总论。通过学习,学生能正确理解发动机的功用、总体结构、工作原理等,能正确描述机件的检测及维修方法,能熟练将维修理论应用到以后的每章节学习中去。

习 题 1

- 1-1 汽车发动机通常是由哪些机构与系统组成的? 它们各有什么功用?
- 1-2 列表说明发动机的类型。
- 1-3 四冲程汽油机和柴油机在总体构造上有何异同?
- 1-4 为什么说二冲程发动机与四冲程发动机在转速相同的情况下,理论上二冲程发动机发出功率应是四冲程发动机的二倍?
- 1-5 为什么柴油机不需要点火系统?
- 1-6 叙述发动机常用术语定义和汽缸工作容积、汽缸总容积、压缩比的计算公式。
- 1-7 说明发动机主要有效性能指标定义及其计算公式。
- 1-8 说明发动机外特性定义。
- 1-9 对汽油机的外特性曲线进行简单分析。
- 1-10 简述发动机负荷特性定义。
- 1-11 摩擦和磨损有哪些类型?
- 1-12 什么叫汽车的维修技术标准? 常用的修理方法有哪些?
- 1-13 零件修复中,通常应用的校正方法有哪些? 如何校正?

第 2 章 曲柄连杆机构的构造与维修

曲柄连杆机构是发动机的两大主要机构之一,它是发动机的核心和骨架,本章主要介绍:汽车发动机的工作循环,曲柄连杆机构的功用、组成、主要零部件的构造和相互装配关系;曲柄连杆机构主要零部件的检测和维修方法;曲柄连杆机构装配与调整方法;曲柄连杆机构异响的故障诊断。

2.1 曲柄连杆机构的构造与维修概述

2.1.1 功用与组成

曲柄连杆机构是往复式活塞发动机的两大机构之一,它的主要功用是把可燃混合气燃烧后作用在活塞上的气体膨胀力转变为曲轴的转矩,并对外输出机械能;同时,将活塞的往复直线运动转变为曲轴的旋转运动。

曲柄连杆机构主要由三部分组成,即机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组。

2.1.2 工作条件及受力分析

高温、高压是发动机作功时的重要特征,作功时汽缸内最高温度可达 2 500 K 以上,最高压力可达 5~10 MPa,最高转速可达 3 000~6 000 r/min。此外,与可燃混合气和燃烧废气接触的机件(如汽缸)还将受到化学腐蚀。因此,曲柄连杆机构的工作条件是“三高一腐”,即高温、高压、高速和化学腐蚀。

由于曲柄连杆机构是在高温、高压下作变速运动,因而它在工作时的受力情况是相当复杂的。其中,有气体压力、往复惯性力、旋转运动的离心力以及相对运动件接触表面的摩擦力。

1. 气体压力

在发动机每个工作循环的四个行程中,气体压力始终存在,但由于进气、排气两行程中气体压力较小,对机件影响不大。这里主要研究作功和压缩两个行程中的气体作用力。

在作功行程中,气体压力是推动活塞向下运动的力。这时,混合气体的燃烧产生的高压直接作用在活塞顶部,如图 2-1(a)所示。设活塞所受总压力为 F_P ,传到活塞销上,可分解为 F_{P1} 和 F_{P2} 两个分力。 F_{P1} 通过活塞销传给连杆,并沿连杆方向作用在曲柄销上。 F_{P1} 又可分解为沿曲柄方向 F_R 及垂直于曲柄的 F_S 两个分力。 F_R 使曲轴主轴颈与主轴承间产生压紧力; F_S 除了使主轴颈和主轴承之间产生压紧力外,还对曲轴形成转矩,推动曲轴旋转起作用。分力 F_{P2} 把活塞压向汽缸壁,形成活塞与汽缸壁间的侧压力,使两者产生摩擦磨损。

在压缩行程中,如图 2-1(b)所示,气体压力形成阻碍活塞向上运动的阻力。这时,作用在活塞顶的气体总压力 F'_P 也可以分解为 F'_{P1} 和 F'_{P2} 两个分力。 F'_{P1} 又可分解为 F'_R 和

F'_s 。 F_R 使曲轴主轴颈与主轴承间产生压紧力; F'_s 对曲轴造成一个旋转阻力矩, 企图阻止曲轴旋转。而 F'_{p2} 则将活塞压向汽缸的另一侧壁, 也使两者产生摩擦磨损。

在发动机工作循环的四个行程中, 气体作用力的大小都是随活塞的位移而变化的, 连杆时刻左右摇摆, 因此, 作用在活塞销和曲轴轴颈的表面以及两者的支承表面上的压力和作用点不断变化, 造成各处不均匀磨损。同样, 汽缸壁沿圆周方向的磨损也不均匀。

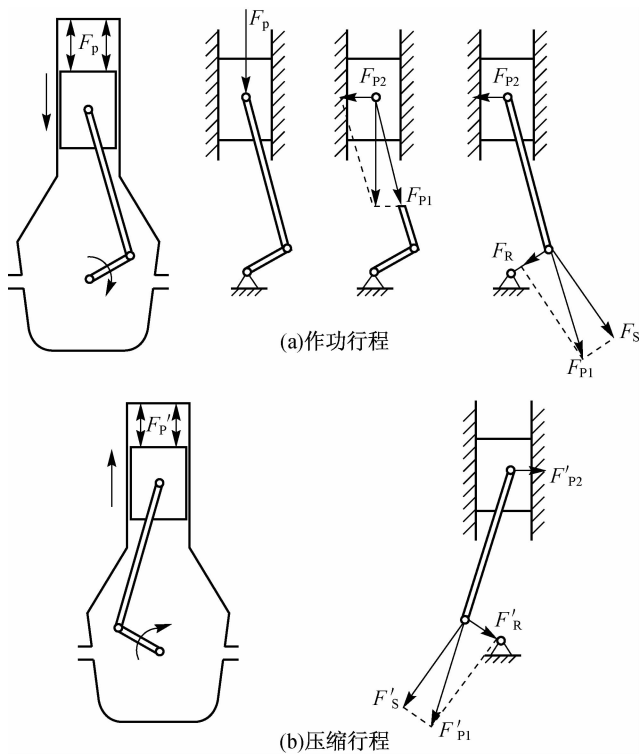


图 2-1 气体压力作用情况示意图

2. 往复惯性力和离心力

作往复直线运动的物体, 当速度变化(有加速度)时, 就会产生往复惯性力。物体绕某一中心作旋转运动, 加速度就存在, 便会产生离心力。这两种力在曲柄连杆机构的运动中都是存在的。

活塞、活塞销和连杆小头在汽缸中作往复直线运动, 速度很快, 而且数值不断变化。当活塞从上止点向下止点运动时, 其速度变化规律是: 从零开始, 逐渐增大, 临近中间达最大值, 然后又逐渐减小到零。当活塞向下运动时, 前半行程是变加速运动, 惯性力向上, 以 F_j 表示, 如图 2-2(a) 所示; 后半行程是变减速运动, 惯性力向下, 以 F'_j 表示, 如图 2-2(b) 所示。同理, 当活塞向上时, 前半行程惯性力向下, 后半行程惯性力向上。

惯性力和质量、转速有关, 活塞、活塞销和连杆小头的质量越大, 曲轴转速越高, 则往复惯性力越大。它使曲柄连杆机构的各零件和所有轴颈承受周期性的附加载荷, 加快轴承的磨损; 未被平衡的变化惯性力传到汽缸体后, 还会引起发动机的振动。

偏离曲轴轴线的曲柄、曲柄销和连杆大头绕曲轴轴线旋转, 产生旋转离心力, 方向沿曲柄半径向外, 它的大小与曲轴转速、曲柄半径及旋转部分的质量有关。曲轴转速越高, 曲柄

半径越长,旋转质量越大,则离心力就越大。如图 2-2 所示,离心力 F_c 在垂直方向分力 F_{cy} 与往复惯性力 F_j 方向总是一致的,这就加剧了发动机的上、下振动。而水平方向分力 F_{cx} 则在水平方向使发动机产生振动。离心力使曲轴主轴颈、轴承、曲柄销和连杆大头的轴瓦受到又一附加载荷,增加了变形和磨损。

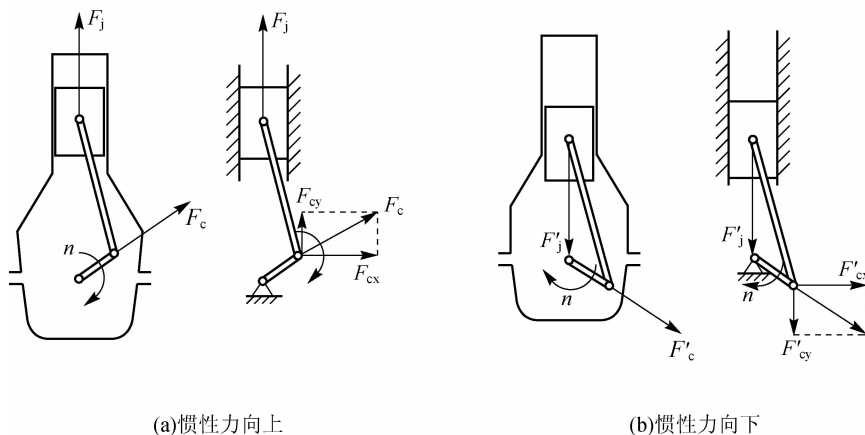


图 2-2 往复惯性力和离心力作用情况示意图

由上述可知,发动机高速运转时,往复惯性力和离心力就会叠加在一起,可能引起发动机强烈的振动而工作不平稳。为此,发动机在结构上可以采取各种平衡措施,如附加的平衡轴和平衡块等。

3. 摩擦力

在任何一对相互压紧并作相对运动的零件表面之间都会产生摩擦力。曲柄连杆机构中两两相互接触的物体作相对运动时,同样会产生摩擦力,它的大小与正压力摩擦系数成正比,方向总是与相对运动的方向相反。摩擦力一般是有害的,它的存在造成了零件配合表面的磨损。

实际上,这些力不是单独存在的,各机件是综合受到各种力的作用的。在分析时,为了方便理解,分别分析了上述各种力。

曲柄连杆机构在运动时产生的惯性力和摩擦力一样都是有害的,现代高速发动机上尽量采用新型或轻质材料,以减少机件的质量和活塞的行程来减小惯性力。同时,采取有较高的加工精度和装配精度的机件及加强润滑等措施,均可减小摩擦力。

2.2 机体组的构造与工作原理

机体组是发动机的骨架,主要由汽缸体、汽缸垫、汽缸盖、曲轴箱和油底壳等组成。发动机工作时,机体承受着大小和方向呈周期性变化的气体压力、惯性力和力矩的作用,并将所受的力和力矩通过机体传给机架。发动机各机构和系统及其他附件均装在机体上。

2.2.1 汽缸体与曲轴箱的构造

1. 结构形式与功用

汽缸体是汽缸的壳体,曲轴箱是支承曲轴作旋转运动的壳体,两者组成了发动机的机

体,其结构形式有整体式和分体式两种。

水冷式发动机通常采用整体式结构,它是将汽缸体与曲轴箱铸成一体,统称为汽缸体,如图 2-3(a)所示。风冷式发动机多采用分体式结构,它是将汽缸体与曲轴箱分开铸造,再用螺栓连接起来,如图 2-3(b)所示。

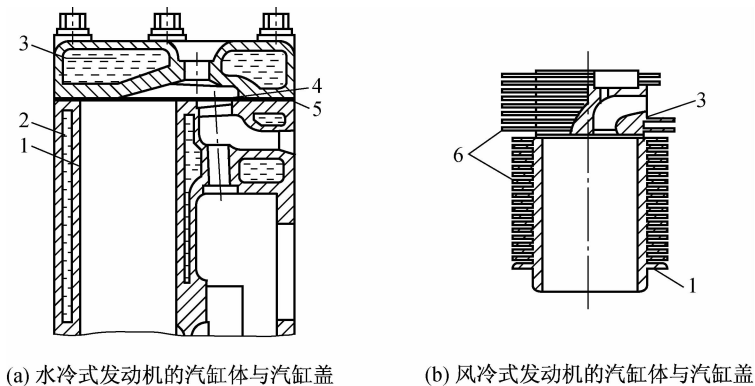


图 2-3 汽缸体和汽缸盖

1—汽缸; 2—水套; 3—汽缸盖; 4—燃烧室; 5—汽缸垫; 6—散热片

汽缸体是组装发动机的基础件,它可以保持发动机各运动件相互之间的位置关系。

2. 工作条件与要求

汽缸体不仅承受着前述的各种力,还包括在发动机运动情况下,车辆行驶时自身质量引起的各种冲击力。同时,燃烧气体给予汽缸壁的热量主要通过汽缸体来散失,汽缸体也承受较复杂的热负荷。因此,要求汽缸体具有足够的强度、刚度和良好的耐热性、耐腐蚀性等。需要强调的是汽缸体的变形会破坏各运动件间的相互位置关系和降低其寿命。

3. 构造

汽缸是汽缸体内引导活塞作往复运动的圆形空腔。为了保证汽缸散热,在汽缸的周围制有水套或散热片。上曲轴箱有前、后壁和中间隔板,其上制有主轴承孔,凸轮轴中置或下置的发动机在缸体上还制有凸轮轴轴承座孔。为了保证轴承的润滑,在侧壁上有主油道,前、后壁和中间隔板上分油道。

在整体式汽缸体的上平面上安装汽缸盖,下平面安装油底壳。这两个平面也往往是汽缸修理加工的基准,在拆装时应避免碰伤。

4. 汽缸的排列形式

如图 2-4 所示,多缸发动机汽缸的排列形式一般有三种:直列式、V 形布置、对置式。如图 2-4(a)所示,直列式多用于六缸以下的发动机。如图 2-4(b)所示,V 形布置多用于八缸以上的发动机。这种结构形式不仅刚度大,而且缩短了发动机的长度,也降低了高度,质量也有所减轻。如图 2-4(c)所示,对置式汽缸发动机,降低了发动机的高度比,使得车辆的总体布置更为方便。

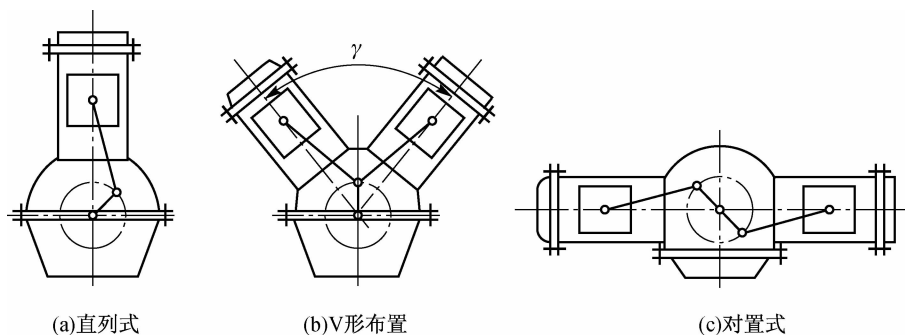


图 2-4 多缸发动机的汽缸排列形式

5. 曲轴箱的形式

曲轴箱有三种结构形式:平分式、龙门式和隧道式。

(1)平分式。曲轴的主轴承座孔中心线位于曲轴箱的分界面上,如图 2-5(a)所示。它的特点是制造方便,但刚度小,且前后端呈半圆形,与油底壳接合面的密封较困难,不便维修,多用于中小型发动机。

(2)龙门式。主轴承座孔中心线高于曲轴轴线分界面,如图 2-5(b)所示。它的特点是结构刚度较大,且油底壳前后为一平面,其密封简单可靠,便于维修,被大中型发动机广泛采用。

(3)隧道式。主轴承座孔不分开,如图 2-5(c)所示。它的特点是结构刚度最大,主轴承同轴度易保证,多用于机械负荷较大的、主轴承采用滚动轴承的发动机中。

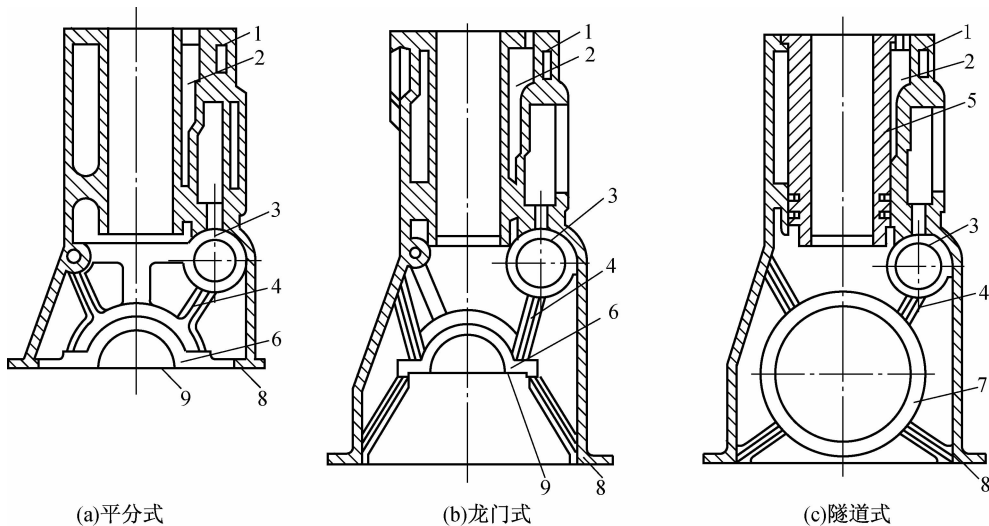


图 2-5 曲轴箱结构形式

1—汽缸体; 2—水套; 3—凸轮轴座孔; 4—加强肋; 5—湿式汽缸套; 6—主轴承座;

7—主轴承座孔; 8—安装油底壳的加工面; 9—安装主轴承盖的加工面

前两种形式,其主轴承座孔均为分开式,内孔和端面的加工是在主轴承盖上进行的;平分式用定位销或定位套定位,龙门式是在主轴承盖两侧平面定位,并用螺栓固定后进行的,因而轴承盖既不可换位也不可换向。在主轴承盖上两者都有位置和方向的记号,以避免错装。

6. 材料

根据工作条件和结构特点,汽缸体多采用优质灰铸铁制造。为了提高汽缸的耐磨性,有的进行了表面淬火、镀铬等表面处理,有的在铸铁中加少量合金元素,如镍、钼、铬等。某些发动机为了减轻质量,加强散热,采用铝合金制造。

2.2.2 汽缸套的构造

一些老式发动机的缸体在制造时直接在缸体上加工缸筒,经过几次大修镗缸,为了能继续使用,需镶一个全部用优质耐磨材料来制造标准缸径的汽缸套。其实,除了与活塞配合的汽缸壁表面外,缸体其他各部分的耐磨性要求并不高,若缸体全部用优质耐磨材料来制造将造成材料的浪费。近年来,为了节省材料,采用在缸体内镶汽缸套,形成汽缸工作表面。因此,汽缸套可用耐磨性较好的合金铸铁或合金钢制造,可以延长汽缸的使用寿命,而缸体一般可用价格较低的材料制造。

汽缸套根据是否直接与冷却液接触,可分为干式缸套和湿式缸套。

1. 干式缸套

干式缸套的外表面不直接与冷却液接触,如图 2-6(a)所示,其壁厚一般为 1~3 mm。为了获得与缸体间足够的实际接触面积,保证汽缸套的散热、紧固和定位,在汽缸套的外表面与其配合的汽缸体承孔的内表面都有一定的加工精度,两者一般采用过盈配合。它的优点是:缸体结构刚度大,缸心距小,缸体质量轻,不易漏水漏气。

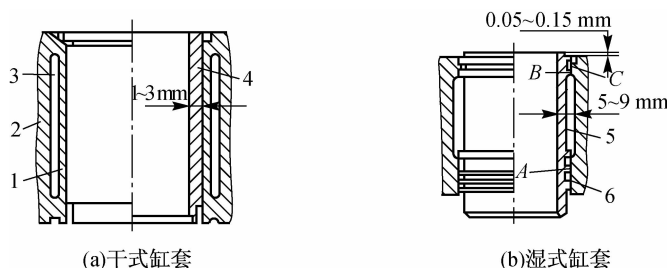


图 2-6 汽缸套

1—汽缸壁; 2—汽缸冷却水套壁; 3—冷却水套; 4—可卸式干缸套;

5—可卸式湿缸套; 6—橡胶密封圈

A—下支密封带; B—支承定位带; C—缸套凸缘平面

2. 湿式缸套

湿式缸套的外表面直接与冷却液接触,如图 2-6(b)所示,其厚度一般为 5~9 mm。

(1) 汽缸套的定位。缸套的径向定位一般是利用上下两个凸出的、与缸体间是动配合的圆环带 A 和 B,如图 2-6(b)所示。轴向定位是靠上部凸缘的下平面 C,配合部位加工精度较高。

(2) 汽缸套的密封。汽缸套下部靠 1~3 个耐热耐油橡胶密封圈密封,汽缸套的密封形式有两种,即涨封式和压封式,如图 2-7 所示,其中使用较广泛的为图 2-7(a)所示的涨封式。

少数发动机汽缸上在两道密封圈之间设有漏水孔,用以观察密封圈工作情况是否良好。为了防止湿式缸套的穴蚀,某些汽缸套有三道密封圈,如图 2-7(b)所示。有的为了密封冷却液,上、中两道用乙丙合成橡胶,为了密封机油,下面一道用硅铜材料制成,两者不可错装。有的为提高汽缸套的刚度,还把密封圈装在汽缸体上,如图 2-7(c)所示,汽缸套上部是靠凸

缘C的下平面处垫金属垫片密封,铸铁缸体可垫钢垫或铝垫,铝合金的缸体应垫铝垫,以防止电化学腐蚀,如图2-7(b)所示。有些汽缸套,特别是强化发动机的汽缸套,为了提高抗穴蚀的能力,在汽缸套外表面有镀铬、渗氮等保护层。

大多数湿式汽缸套装入后,其顶面一般有0.05~0.15 mm高出度,见图2-6(b)。当汽缸盖螺栓拧紧后,汽缸套与汽缸垫的部分可承受较大的压紧力,不仅有防止汽缸漏气、防止水套漏水的作用,还有保证汽缸套定位的作用。因此,不少发动机汽缸套上部C平面没有密封垫,而靠光洁平整的B平面本身以及压紧的汽缸来密封。

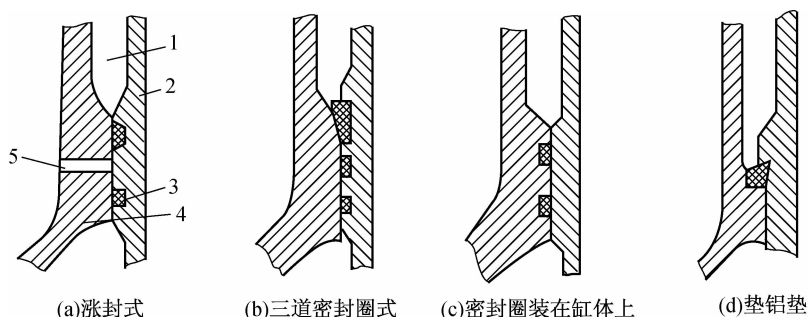


图2-7 汽缸套下端的密封形式

1—水套; 2—汽缸套; 3—密封圈; 4—汽缸体; 5—漏水孔

湿式缸套的优点是:缸体铸造容易,散热效果好,便于维修。广泛用于高负荷的发动机和铝合金缸体的发动机。湿式缸套的缺点是:缸体刚度较差、易穴蚀及易漏水、漏气。

汽缸壁应有较高的加工精度和较低的粗糙度,可以减少汽缸的磨损。另外,汽缸上口加工有一定的倒角,便于装入活塞及活塞环。

3. 汽缸套的材料

汽缸套常用的材料有珠光体灰铸铁、合金铸铁、含硼铸铁、高磷铸铁及其他高级铸铁。

2.2.3 汽缸盖与汽缸垫的构造

1. 汽缸盖

1) 功用与工作条件

汽缸盖用来密封汽缸的上部,并与活塞、汽缸壁等共同构成燃烧室。汽缸盖的燃烧室壁面同汽缸一样承受混合气燃烧时所造成的热负荷及机械负荷,由于它接触温差很大的燃气时间较缸体时间长,因而汽缸盖承受的热负荷更甚于汽缸体。

2) 构造

汽缸盖的结构随气门的布置、冷却方式以及燃烧室的形状而异。

顶置气门式水冷发动机汽缸盖设有冷却液套,燃烧室,进、排气道,气门导管孔和进、排气门座等。汽油机汽缸盖设有火花塞孔,而柴油机汽缸盖设有安装喷油器的座孔。

为了制造和维修的方便,减小变形对密封的影响,缸径较大的发动机多采用分开式汽缸盖,有一缸一盖、两缸一盖和三缸一盖。缸径较小的发动机多采用整体式汽缸盖。

3) 材料与汽缸盖的紧固

汽缸盖同汽缸体的材料一样,一般使用灰铸铁、合金铸铁或铝合金材料。铝合金材料可提高汽油机散热性能和减轻质量,但铝合金汽缸盖刚度低,使用中易变形。由于材料膨胀系

数不同,铝合金缸盖膨胀系数比钢制螺栓大,在发动机热启动后紧度更大,在冷态下一次拧紧即可。而受热后汽缸盖螺栓的膨胀量大于铸铁缸盖的膨胀量而使紧度降低,为了防止出现这种情况,对铸铁缸盖要在发动机达到正常工作温度后再进行第二次拧紧。

为了保证汽缸的密封,避免其变形,紧固缸盖螺栓时应从中央向两边交叉分次逐步地按规定力矩拧紧。拆卸时,则在冷态按相反方向进行。

2. 汽油机燃烧室

汽油机燃烧室是由活塞的顶面和汽缸盖上相应的凹坑所组成的。

1) 对汽油机燃烧室的要求

(1) 结构要紧凑。这样可使火焰传播距离短,燃烧集中,不易发生爆燃。

(2) 面容比(S/V)要小。在燃烧时,汽油机燃烧室表面附有一层混合气,这层混合气流速度慢,并受到汽油机燃烧室表面的冷激,燃烧不完全,所以其面容比小,排气净化就好,热损失也小。

(3) 能产生涡流。涡流可使混合气混合更均匀,燃烧速度更快更完全,经济性好。

(4) 充气效率要高。充气效率提高,功率可提高,转矩也会增大。

(5) 表面要光滑。表面光滑可使废气不易留存,不易产生积炭,排气、净化好。

2) 汽油机燃烧室的类型

常见的汽油机燃烧室有三种:楔形、盆形和半球形。

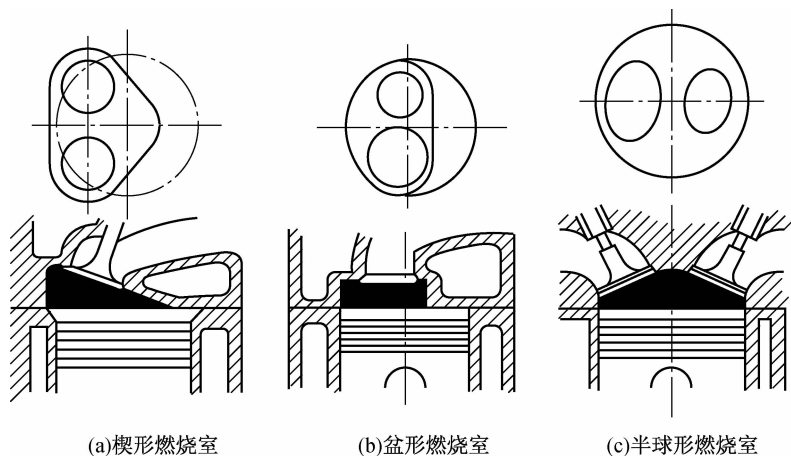


图 2-8 常见的汽油机燃烧室

(1) 楔形燃烧室。如图 2-8(a)所示,其气门斜置,气道导流较好,充气效率高,有挤气冷激面,能形成挤气涡流,因而燃烧速度快,经济性能和动力性能好,并有利于减少 CO 和 HC 的排放量,但 NO_x 排放量稍高。

(2) 盆形燃烧室。如图 2-8(b)所示,其气门平行于汽缸轴线,有挤气冷激面,可形成挤气涡流。 NO_x 的排放量较低,但形状狭窄,使气门尺寸受到限制,换气受到影响,燃烧速度较低,燃烧质量稍差, CO 和 HC 排放量较高。

(3) 半球形燃烧室。如图 2-8(c)所示,气门呈横向 V 形排列。因此,气门头部直径可以做得较大,换气性能好,火花塞多位于燃烧室的中部,使火焰由中心向四周扩散,行程短、燃烧剧烈且完全,抗爆性、经济性能、动力性能好, CO 和 HC 排放量少,但 NO_x 排放量较高。

高速发动机常用半球形燃烧室。

由此可见,不同形状的燃烧室其废气排放的含量有所不同。

3. 汽缸垫

1) 作用与要求

汽缸垫用来保证汽缸体与汽缸盖的密封,防止漏气、漏水。它在汽车上起着重要的作用。

汽缸垫应满足如下要求:

- (1) 具有一定的弹性,能补偿接合面的不平度,以保证密封。
- (2) 在高温高压作用下有足够的强度,不易损坏。
- (3) 耐热和耐腐蚀,即在高温高压燃气或有压力的机油和冷却液作用下,不烧损和不变质。
- (4) 拆装方便,能重复使用,寿命长。

2) 构造

汽缸垫的种类与结构如图 2-9 所示。目前,汽缸垫主要有金属—石棉垫和纯金属垫两种。

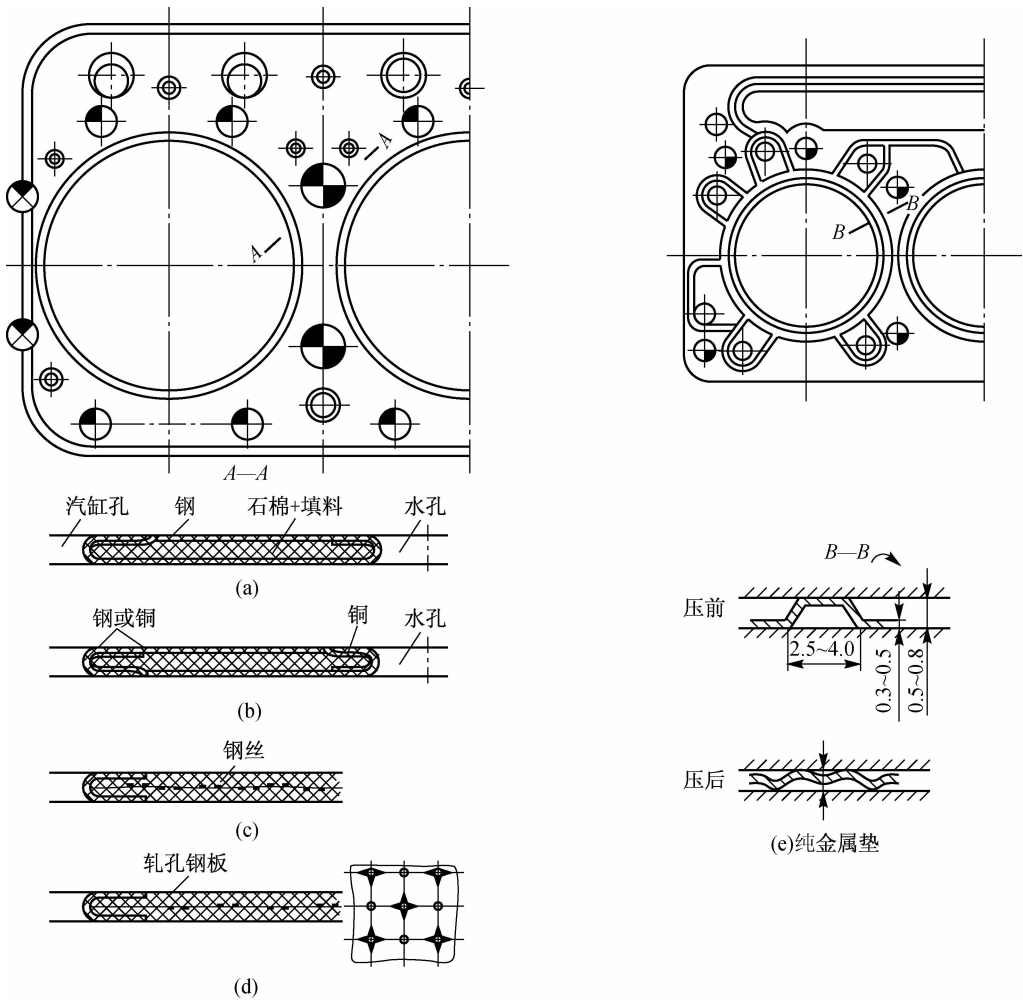


图 2-9 汽缸垫的种类与结构

(1)金属—石棉垫。外包铜皮和钢皮,且在缸口、水孔、油道口周围卷边加强,内填石棉,为加强导热、平衡缸体与缸盖的温度,常掺入铜屑或铜丝,见图 2-9(a)、图 2-9(b)。这种衬垫压紧厚度为 1.2~2 mm,有很好的弹性和耐热性,能重复使用,但厚度和质量的均一性较差。

另一种是用金属骨架—石棉垫编织的钢丝网,见图 2-9(c)、图 2-9(d)。有的也用带毛刺小孔的钢板为骨架,外覆石棉及橡胶粘结剂压成垫片,表面涂以石墨粉等润滑剂,在缸口、油道口及水孔处用金属片包边。这种缸垫弹性好,但易粘结,一般是一次性的。有的汽缸垫既有金属骨架,石棉外又包金属包皮。

为了增强汽缸口处的防烧蚀能力,有的镶以抗高温、抗氧化能力较强的镍边,有的缸口部分则没有石棉,只由几层薄钢片组成。

(2)纯金属垫。某些强化发动机采用纯金属汽缸垫,由单层或多层铜、铝或低碳钢的金属片制成,见图 2-9(e)。在缸口、水孔、油道口处,制有弹性凸筋,以加强密封。国外有些发动机使用耐热密封胶取代汽缸垫。

使用耐热密封胶和纯金属垫的发动机,对汽缸体和汽缸盖接合面均有较高的加工精度要求。

4. 油底壳

油底壳的主要功用是贮存和冷却机油,封闭曲轴箱。油底壳在最低处一般设有磁性放油螺塞,以便放出润滑油,也可以吸附润滑油中的铁屑,以减小发动机的磨损,如图 2-10 所示。为了防止发动机振动时油底壳油面产生较大的波动,在油底壳的内部设有稳油挡板(图中未画出)。由于油底壳受力很小,一般用薄钢板冲压而成,有些铝合金油底壳还带有散热片。

曲轴箱与油底壳之间为了防止漏油,还装有软木衬垫或涂密封胶。

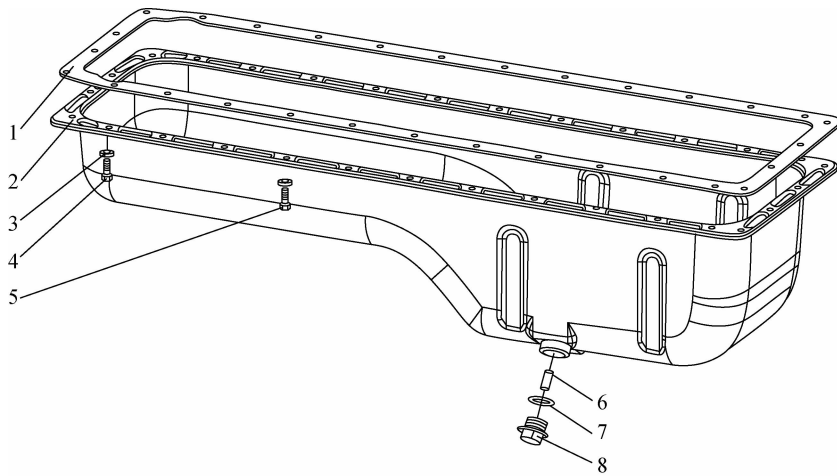


图 2-10 油底壳

1—密封垫；2—油底壳；3—垫圈；4、5—螺栓；6—放油螺塞磁铁；7—组合密封垫圈；8—螺塞

2.3 机体的检修

汽缸的技术状况是发动机是否进行总成修理的决定性标志,汽缸体又是影响汽缸的技术状况的一个关键要素。汽缸体的材料、几何形状、制造工艺、工作条件、维修质量等因素都

会影响汽缸的技术状况,且直接影响着发动机的可靠性和耐久性。因此,把握汽缸体的耗损规律,提高汽缸体与汽缸盖的修理质量,保持其良好的技术状况,将直接影响发动机的使用性能和使用寿命。

2.3.1 汽缸体的修理

1. 汽缸体的耗损

汽缸体的主要耗损形式有裂纹、磨损、变形以及螺纹滑扣等。

1) 裂纹

汽缸体的裂纹有曲轴箱共振产生的裂纹、水套冰冻产生的裂纹,以及汽缸套承孔因轴芯偏移加上修理尺寸级数过多和镶装汽缸套过盈太大,当压装工艺不当时造成的裂纹。因此,应分次进行压力为 350~400 kPa 的水压试验,以检验在零件检验分类和更换汽缸套之后,汽缸体是否有裂纹。对水套及其他应力小的部位的裂纹可以胶粘修理,对曲轴箱等应力大的部位的裂纹,采取更换修理。

2) 磨损

汽缸体的主要磨损发生在汽缸和汽缸体后端面,此外,还有汽缸套承孔、曲轴轴承孔等部位。

(1) 汽缸的磨损。铸铁汽缸和铝合金活塞组成的摩擦副容易产生粘着磨损。这一摩擦副又属于边界摩擦的临界润滑方式,润滑状况不良。汽缸壁的“冷激”现象和在高温下燃油、润滑油中的酸又造成汽缸的腐蚀,加剧了磨损。进气中的尘埃和润滑油中的磨屑又造成更严重的磨料磨损。在汽缸磨损中,基本上同时存在腐蚀磨损和磨料磨损等。受使用条件、发动机技术状况和维修质量的影响,以及受高温高压、高速以及高振幅冲击载荷的影响,主导磨损又是多变的。例如,在爆振和润滑能力差的条件下,将以粘着磨损为主,低温起动和发动机温度过低条件下,又会转为以腐蚀磨损为主。此工况下的累积磨损量可达汽缸总磨损量的 30% 左右。粘着磨损危害程度最大,往往造成拉缸之类的致命故障,使发动机无法正常工作。

汽缸正常的磨损特点是不均匀磨损。在汽缸轴线方向上呈上大下小的不规则锥形磨损,第一道活塞环上止点稍下的部位为最大磨损部位。断面上的磨损呈不规则的椭圆形,磨损最大部位往往随汽缸结构、使用条件的不同而有所不同,一般是前后或左右方向上磨损最大。磨损量不大于 0.01 mm/10 000 km。汽缸的轴向及径向磨损如图 2-11 和图 2-12 所示。

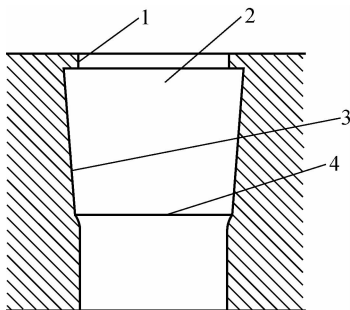


图 2-11 汽缸的轴向磨损

1—缸肩；2—第一道活塞环上止点；3—汽缸壁；4—末道活塞环下止点

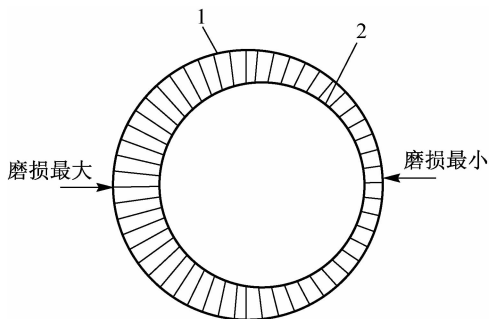


图 2-12 汽缸的径向磨损

1—磨损后的汽缸横截面；2—原汽缸横截面

汽缸在轴线上最大磨损位置之所以处在第一道活塞环上止点稍下的部位,首要原因是活塞环换向时,运动速度几乎为零,环的布油能力最差,润滑能力弱。其二,因可燃混合气爆发燃烧的压力、温度达到最高,燃烧产生的酸性氧化物生成的矿物酸附着在汽缸壁上最多,油膜不能完全覆盖它,甚至破坏汽缸壁上的润滑油膜,在这个部位上,腐蚀磨损严重。第三,缸壁局部受进气流的冷却以及未雾化的燃油颗粒对缸壁上润滑油膜的破坏,强化了局部缸壁的“冷激”效应。第四,进气中的灰尘在此处缸壁有较多的附着量,加剧了此处的腐蚀磨损和磨料磨损。第五,活塞在此处承受很大的侧向力,活塞环的背压最大,会破坏缸壁上的润滑油膜,加剧此部位的粘着磨损。因此,第一道活塞环上止点稍下,对应于进气道方向的缸壁上磨损量最大。但是,有时最大磨损转移到汽缸纵向,出现在汽缸中部或下部,主要是由于曲轴轴向间隙过大、活塞偏缸、缸体变形等故障改变了汽缸的磨损规律。两端的汽缸因其进气阻力大,冷却能力较强,磨损量往往比中部的汽缸的磨损量大。因此,测量汽缸磨损时,必须测量包括最大磨损断面在内的活塞全行程上、中、下三个断面,每个断面必须至少测量四个不同部位的直径,才能正确地测量出汽缸的最大磨损量以及圆度和圆柱度误差。

汽缸的检验分类技术条件如下:

①汽缸的圆度误差达到 $0.050 \sim 0.063$ mm,圆柱度误差达 $0.175 \sim 0.250$ mm,最大磨损量无修理尺寸的薄壁缸套汽缸达到 0.4 mm,有修理尺寸的汽缸达到 0.2 mm,其中一项达到极限值就必须修理或更换汽缸(汽缸套)。

②汽缸磨损量小于 0.15 mm,而圆度误差和圆柱度误差均小于极限值,可只更换活塞和活塞环。

在发动机维修中,可从下列五个方面提高汽缸的维修质量,延长发动机大修周期和使用寿命。

①改善汽缸体整形修理工艺,提高汽缸等主要要素的形状与位置精度。

②汽缸表面粗糙度合理。

③应用激光淬火工艺,强化汽缸表面。

④执行严格的装配工艺,保证装配质量。

⑤磨合规范科学,提高汽缸抗综合磨损的能力。

(2)汽缸体后端面的磨损。变形或磨损造成汽缸体后端面对于曲轴轴承承孔公共轴线的端面圆跳动误差大于 0.20 mm 时,必须进行修理。

2. 汽缸体的变形

很多汽缸体在一个大修间隔里程后,部分主要要素的形位误差超限,称之为汽缸体变形。在使用过程中,汽缸体变形是不可避免的,汽缸体变形会造成异常磨损。如果汽缸轴线垂直度误差达 0.1 mm,汽缸磨损可能增大 40%左右,严重影响汽缸的密封性,机油消耗量增大。

曲轴轴承承孔同轴度误差超限时,曲轴轴承下片的磨损量就会按同轴度的超限量成倍增大。因此,汽缸体变形后在修理中未进行整形修理,是影响大修发动机耐久性的一个重大因素。国家规定的汽缸体主要要素的形位公差见表 2-1。

表 2-1 汽缸体主要要素的形位公差 单位:mm

项 目				公 差
曲轴轴承承孔的圆度				0.025
曲轴轴承承孔轴线对于两端轴承公共轴线的同轴度				0.15
各凸轮轴轴承承孔轴线的同轴度				0.15
汽缸轴线对于曲轴轴承承孔公共轴线的垂直度				0.05
后端面对于曲轴轴承承孔公共轴线的圆跳动				0.20
与汽缸盖接合 平面的平面度	任意	50×50		0.05
	全长	≤600		0.15
		>600	铸铁	0.25
			铝合金	0.35

汽缸体变形必须进行整形修理。所谓汽缸体的整形修理是指定位镗缸、导向镗削曲轴轴承(或轴承孔)和凸轮轴轴承、修整上平面与后端面等项目,以恢复汽缸体主要要素的形位精度为目的的综合性修理工艺。

曲轴轴承孔的导向镗削是在承孔严重磨损,或者拉缸和烧轴等重大事故引起的缸体严重变形的情况下,在曲轴轴承镗床上或在车床上,利用导向镗芯轴,以两端曲轴轴承承孔为基准镗削承孔,校正承孔和轴承的同轴度与承孔的圆度,然后再用电刷镀技术恢复承孔直径的修理工艺。

汽缸体上平面度需要进行检验,并可通过铲削或磨削加工修理。

3. 汽缸的镗削

1) 镗削设备

发动机维修行业常用的镗缸设备有 T716 型单柱金刚镗床和 T8011 型移动式镗磨缸机。T716 型单柱金刚镗床具有刚度好、加工精度高和生产率高等特点。T8011 型移动式镗磨缸机虽然加工精度较为逊色,但投资少,一机多用,常用于小型维修单位。

(1)T716 型单柱金刚镗床。T716 型单柱金刚镗床俗称立式镗缸机,如图 2-13 所示。它由床身、镗架、工作台、变速器、传动系统和操纵机构等部分组成。

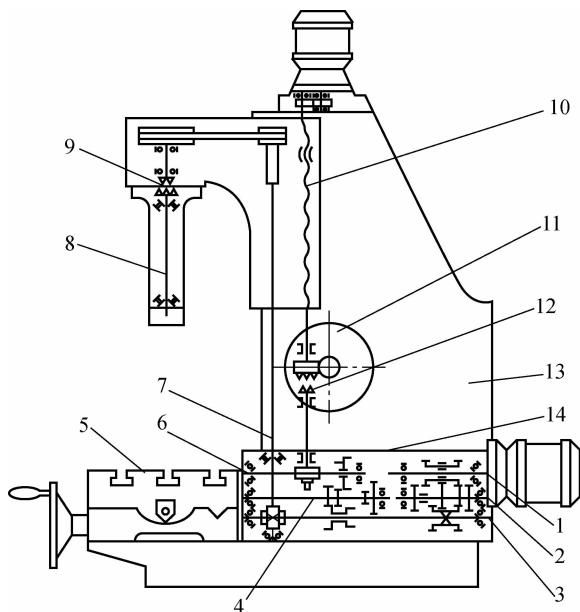


图 2-13 T716 型单柱金刚镗床

1—主动轴；2—中间轴；3—输出轴；4—进给传动轴；5—镗架；6—进给输出轴；7—垂直传动轴；
8—主轴；9—离合器；10—进给丝杠；11—手动进给轮；12—进给离合器；13—床身；14—工作台

主参数与加工精度如下：

主轴直径为 56 mm、75 mm、110 mm。

使用主轴直径 56 mm 镗孔时，最小镗孔深度为 57 mm，最大镗孔深度为 160 mm。

使用主轴直径为 75 mm 镗孔时，镗孔直径为 76~115 mm，最大镗孔深度：当镗孔直径为 76 mm 时，为 250 mm；当镗孔直径为 115 mm 时，为 325 mm。

使用主轴直径为 110 mm 镗孔时，镗孔直径为 115~165 mm，最大镗孔深度：当镗孔直径为 115 mm 时，340 mm；当镗孔直径为 165 mm 时，410 mm。

圆度误差 ≤ 0.0025 mm。

圆柱度误差 ≤ 0.005 mm。

精加工表面粗糙度 $Ra \leq 1.25 \mu\text{m}$ 。

(2) T8011 型移动式镗磨缸机。T8011 型移动式镗磨缸机由镗缸和珩磨汽缸两部分组成，如图 2-14 所示。它可以完成汽缸镗削和珩磨两项加工。

主参数与主要技术规格如下：

镗、磨孔直径为 65~115 mm。

镗刀小刀架镗削直径为 65~95 mm。

镗刀大刀架镗削直径为 90~115 mm。

最大镗磨深度为 300 mm。

镗缸最大切削深度为 0.40 mm。

磨缸主轴转速为 303 r/min，磨缸主轴往复运动速度为 6.5 m/min。

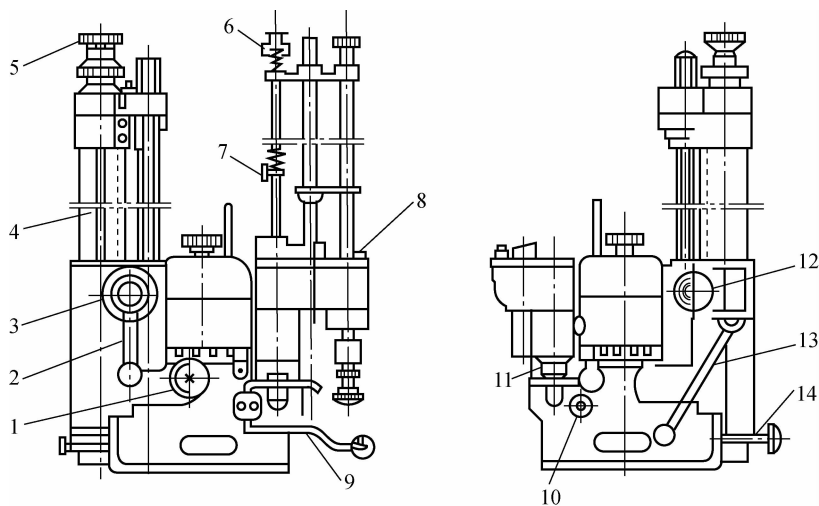


图 2-14 T8011 型移动式镗磨缸机

- 1—变速手轮；2—镗杆升降手柄；3—自动进给离合器；4—磨刀砂轮；5—中心定位手轮；
6、7—磨缸行程调节螺钉；8—螺栓；9—冷却液泵；10—磨缸离合手轮；
11—磨缸锁紧螺钉；12—行程刻度盘；13—加紧扳手；14—中心定位杆

2) 镗缸工艺基准

汽缸体在经过一个大修间隔里程后,会发生不同程度的变形。用于设计制造的工艺基准已经失去了作为汽缸修理基准的意义,就必须仔细分析,合理地另选新的镗缸基准,才有可能提高汽缸的镗削精度,延长汽缸的使用寿命。新选修理工艺基准的原则有三条:基准变形量应最小;原加工精度高;符合基准统一的原则。镗缸工艺基准不但与相关要素的修理基准统一,还应尽可能与相配合零件的修理基准相统一,通过减小装配的积累误差来提高发动机的修理质量。

镗削汽缸选用的基准通常有三个类型:

(1)以汽缸体上平面为基准。把移动式镗缸机固定在汽缸体的上平面进行镗缸。此工艺机动灵活,安装方便,但由于镗缸机刚度差,镗削汽缸的圆度误差和圆柱度误差较大,镗削汽缸轴线垂直度误差有可能超限。

(2)以汽缸体下平面为基准。在单柱金刚镗床上镗缸,以缸体下平面为基准镗缸。与以上平面为基准镗缸相比,虽然单柱金刚镗床精度很高,缸体下平面变形较小,镗后汽缸轴线的垂直度误差有所降低,据统计一般在 $0.05\sim 0.10\text{ mm}$,但这并不是最理想的定位方式。

(3)以两端曲轴轴承承孔的公共轴线为基准。实践证明,在单柱金刚镗床上镗缸,汽缸轴线的垂直度误差最小,仅有 $0.008\sim 0.050\text{ mm}$ 。镗削汽缸轴线的垂直度误差之所以很小的首要原因是基准精度高。其次,符合基准统一的原则,两端曲轴轴承孔的公共轴线同时又是修理中间几个曲轴轴承承孔的圆度和同轴度的基准,也是镗削曲轴轴承的基准。由于基准选择合理,因而能有效地提高发动机的修理。

3) 汽缸修理尺寸的计算

直接计算汽缸修理尺寸的级数具有工艺的方便性,其计算公式如下:

$$n \geq (D - D_0 + X) / \Delta_D \quad (2-1)$$

式中, n 为镗后汽缸修理尺寸的级数; D 为镗削前汽缸的最大直径, mm; D_0 为厂家规定的汽缸标准直径, mm; X 为汽缸的镗磨余量, 一般取 0.13~0.20 mm; Δ_D 为修理尺寸级差, mm。例如, 将 3.36 圆整为整数值 4, 即该汽缸镗后的尺寸为第四级修理尺寸, 汽缸硬度为 HB180—230, 粗镗采用 TG6、YG8 硬质合金刀具, 精镗采用 YJ2 或 YJ3 硬质合金刀具, 切削速度取 125~150 m/min。汽缸硬度为 HB363~HB444, 宜采用 YG2 或 YG3 硬质合金刀具, 切削速度取 50~75 m/min。

对于切削深度, 粗镗第一刀一般不小于 0.05 mm, 因为汽缸在工作中有时会形成表面硬层, 若切削深度过小, 刀尖容易磨损, 合理的切入深度以汽缸表面无残留黑皮为宜。最后一刀切入深度也以 0.05 mm 为宜, 过大或过小都会影响其表面粗糙度。走刀量一般为 0.12~0.20 mm/r。镗削后应留有 0.03~0.05 mm 的珩磨余量。

在镗缸前先确定汽缸的修理尺寸, 根据汽缸的修理尺寸选配好相应修理尺寸的活塞。而在镗磨汽缸中, 又是以所选配的活塞直径确定汽缸镗削和珩磨后的实际尺寸。汽缸镗削后的直径应等于活塞裙部的最大直径加上活塞的配缸间隙再减去汽缸的珩磨余量。

汽缸一律采用同心法镗削。过去用偏心法镗缸, 其目的是增加汽缸的镗削次数, 但会影响配气相位的准确性。汽缸镗削的质量要求见表 2-2。

表 2-2 汽缸镗削的质量要求

项 目	质量要求	项 目	质量要求
圆度公差/mm	0.005	汽缸轴线横向位移公差/mm	0.10
圆柱度公差/mm	0.01	汽缸轴线纵向位移公差/mm	0.07
轴线垂直度公差/mm	0.05	表面粗糙度/ μm	$Ra \leq 1.6$

当发动机某汽缸产生拉缸故障后, 有人为了节省修理费用, 只镗削加大该汽缸而不镗削其他的汽缸, 这就势必造成各缸压缩比的不均匀, 影响发动机工作的平稳性, 增加曲轴的疲劳应力。因此, 应当禁止这种只镗削加大一个汽缸的修理方法, 特别是高压压缩比的发动机, 各缸必须保持同一级修理尺寸。

4. 汽缸的珩磨

汽缸镗削后进行珩磨, 使汽缸具有合理的表面粗糙度和配合特性, 并具有良好的磨合性。

1) 磨削设备

M4215 立式珩磨机是适合发动机修理行业的珩磨设备, 如图 2-15 所示。它由立柱、底座与工作台 6、变速器 2、主轴与涨缩机构 1、操纵机构 7、液力传动系统 4、冷却系统 5、磨头与连杆 3 以及电器设备 8 等组成。

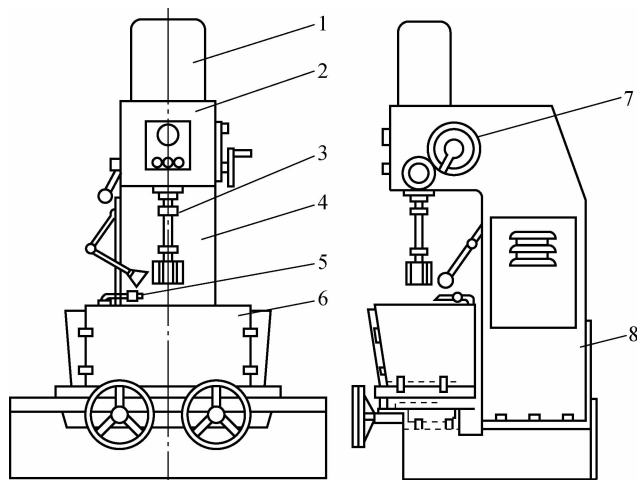


图 2-15 M4215 立式珩磨机

1—主轴与涨缩机构；2—变速器；3—磨头与连杆；4—液力传动系统；5—冷却系统；
6—立柱、底座与工作台；7—操纵机构；8—电器设备

主参数及主要技术规格如下：

珩磨孔直径为 50~150 mm。

主轴最大行程为 370 mm。

主轴接杆伸缩移动长度为 180 mm。

最大珩磨孔深度为 400 mm。

最大工件高度为 480 mm。

主轴轴心至立柱面距离为 350 mm。

主轴转速为 112 r/min、160 r/min、224 r/min、315 r/min。

主轴径往复运动级数为无级。

主轴径往复运动速度为 3~18 m/min。

主轴连接杆端面至工作台距离为 475~845 mm。

工作台行程为纵向 60 mm, 横向 800 mm。

2) 网纹磨削法

合理地选择珩磨头的往复运动与圆周运动的速度比, 以便珩磨后的汽缸表面上的磨纹成为深为 0.007~0.01 mm、夹角为 50°~60°的网纹磨痕, 获得这种磨纹的珩磨工艺称为网纹磨削。网纹磨削在汽缸表面形成的微观交叉沟槽和菱形凸块, 在发动机磨合初期, 有良好的贮油、容屑能力和磨合性能, 可以改善汽缸的承压能力和润滑条件, 提高汽缸抗粘着磨损的能力。因此, 汽缸珩磨后的表面粗糙度不宜过高, R_a 在 0.4~0.6 μm 为宜。珩磨后不宜再进行抛光。珩磨网纹角如图 2-16 所示, 其计算公式如下:

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{v_{\text{往复}}}{v_{\text{圆周}}} \quad (2-2)$$

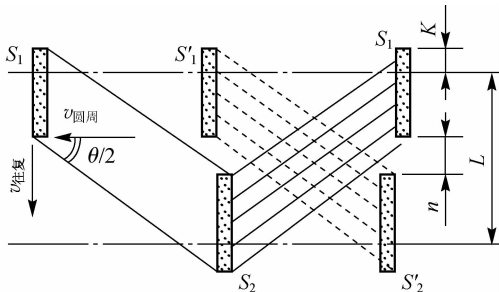


图 2-16 珩磨网纹角

珩磨头的圆周速度一般为 60~70 m/min,往复运动速度粗磨取 15~20 m/min,精磨时可取 20~25 m/min。

3) 磨头用砂条

进行网纹磨削,砂条的粒度不宜过细。珩磨铸铁汽缸套常用的砂条规格见表 2-3。

表 2-3 珩磨铸铁汽缸套常用的砂条规格

缸径类型	规 格
小型车汽缸	TL280JHJZ1A SH8×9×100
中型车汽缸	TL280JHJZ1A SH10×12×120
大型车汽缸	TL280JHJZ1A SP13×150

砂条的切削压力通过珩磨头上的调整盘进行调整,珩磨铸铁汽缸,砂条的切削压力粗磨为 0.5~1.47 MPa,精磨为 0.3~1.47 MPa。砂条切削压力过小,珩磨头振摆会增大汽缸圆度和圆柱度误差,也会影响网纹的形成。砂条切削压力过大,由于珩磨时砂条与汽缸接触面积大,切削温度高,加上磨粒容易钝化,对汽缸产生强烈的挤压,会使汽缸表面的基体金属被挤压到石墨脉络上,形成覆盖薄皮层,造成汽缸表面硬化、镜面化,使抗疲劳磨损和抗粘结磨损能力明显下降。覆盖薄皮层是磨合初期拉缸的主要隐患之一,因此,不但要调整好砂条的切削压力,还要始终保持磨粒锋利。在实际操作中,往往以手感检查砂条切削压力,砂条紧贴汽缸,磨头在其重力作用下不能自由落下,但用手上下可以移动磨头,又无过大的阻力。

4) 珩磨头往复行程

汽缸的圆柱度误差在很大程度上取决于珩磨头的往复运动的行程,汽缸的圆柱度误差在很大程度上也取决于珩磨头的往复行程所选择的相应砂条的长度。M4215 立式珩磨机有磨头行程调节机构。如图 2-17 所示为珩磨头示意图。珩磨头往复行程与砂条长度有关,应先按汽缸深度选择相应砂条长度,公式为

$$l = \frac{L - N}{2} + K \quad (2-3)$$

式中, l 为砂条长度, mm; L 为汽缸深度, mm; N 为砂条接头间隔, 取 30~40 mm; K 为砂条一端的越出长度, 取 15~20 mm。

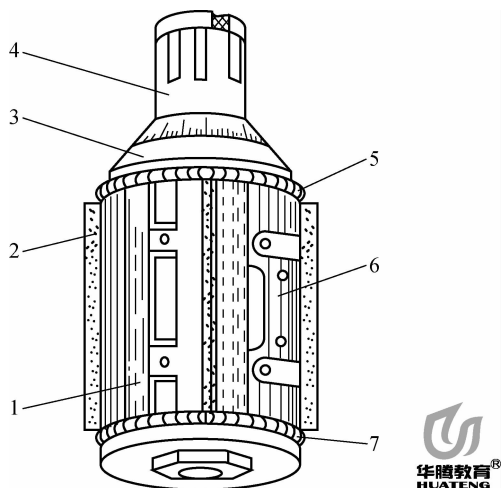


图 2-17 珩磨头

1—连接杆；2—砂条；3—调整盘；4—接头座；5、7—箍箕；6—砂条导片

珩磨头往复运动行程对汽缸圆柱度误差的影响参见珩磨头行程图,如图 2-18 所示。在珩磨过程中,若汽缸中部直径大于两端直径,说明磨头行程过小,砂条接头间隔过短,砂条在中部重叠珩磨过多,应该将磨头行程调大;反之,将磨头行程调小,减小砂条接头间隔。若出现汽缸上端直径大于中部和下端直径的情况,说明是砂条上端超出长度过大,汽缸上端面附近重叠磨削时间相对过长,加上磨头越出量过大所产生的振动、砂条上端外张所造成的,就应当将珩磨头行程向下作适当调整;反之,则将磨头行程向上适当调整。

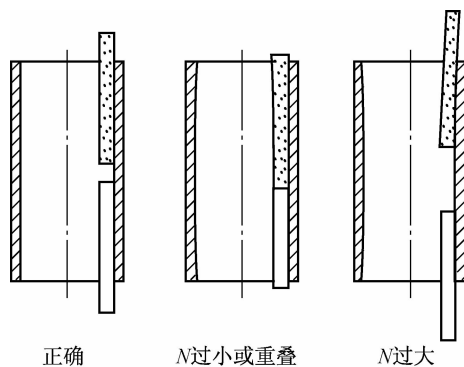


图 2-18 珩磨头行程图

汽缸珩磨中,必须供给充足的冷却液,预防汽缸烧灼。珩磨铸铁汽缸用的冷却液为煤油加 35% 的机油的混合液。

汽缸珩磨的质量要求见表 2-4。

表 2-4 汽缸珩磨质量要求

项 目	质量要求	项 目	质量要求
圆度公差/mm	0.005	表面粗糙度/ μm	$Ra \leq 0.4 \sim 0.6$
圆柱度公差/mm	0.007 5	配缸间隙	符合原厂规定

5. 汽缸的激光淬火

汽缸的激光淬火是一种表面强化工艺,国内外许多厂家都采用激光淬火提高发动机汽缸的耐磨性。由于激光技术在发动机上的应用,许多进口发动机汽缸已不再镶汽缸套了。这类汽缸磨损超限后,若仅仅进行镗缸修理,汽缸表面强化层就会被镗削殆尽。有资料表明,汽缸表面硬度由 HRC62 以上下降到相当于 HRC24 左右时,汽缸的磨损率由不大于 0.01 mm/10 000 km 剧增至 0.06 mm/10 000 km 以上,使大修发动机使用寿命仅有 50 000 ~ 60 000 km。当采用镗缸后再进行激光淬火技术后,汽缸的磨损率可下降到小于 0.01 mm/10 000 km,使用寿命可达 150 000 km 以上。

激光束具有能量密度很高的特点,能将汽缸表面瞬时加热到奥氏体化温度以上,而热量又立即向基体内外高速传导,冷却速度高,加热点的汽缸表面急速自行冷却,转变为超细化马氏体组织和少量残留奥氏体与片状石墨。由于加热速度极快,汽缸表面金属晶格位错密度高,汽缸表面进一步硬化,使汽缸表面硬度由原来的 HRC20 左右提高到 HRC56 ~ HRC62,淬硬层厚度可达 0.2 mm 以上。

基本上能适应各种铸铁汽缸激光淬火的工艺参数如下:

激光输出功率为 1 200~1 500 W。

激光头扫描速度为 20~40 mm/s。

光斑直径为 3~5 mm。

离焦量为 20~40 mm。

激光淬火后,汽缸直径会缩小 0.01 mm 左右。因此,汽缸的激光淬火应在汽缸粗磨之后进行,淬火后再进行汽缸的精磨。淬火后不进行精磨会引起汽缸明显窜机油。

为了改善汽缸表面的受光能力,加强淬硬效果,激光淬火前必须清洁汽缸表面,并对汽缸进行磷化处理或发黑处理。

2.3.2 汽缸套的镶换

汽缸套磨损超过最大修理尺寸或薄壁汽缸套磨损超限、汽缸套与承孔配合松旷及汽缸套裂纹、产生漏水等故障,都必须更换汽缸套。更换汽缸套应先检修汽缸套承孔,然后镶装新汽缸套。

1. 汽缸套的拆卸

用汽缸套拆装工具拉出旧汽缸套,如图 2-19(a)所示,然后,用汽缸套拆装工具压入新汽缸套,如图 2-19(b)所示。

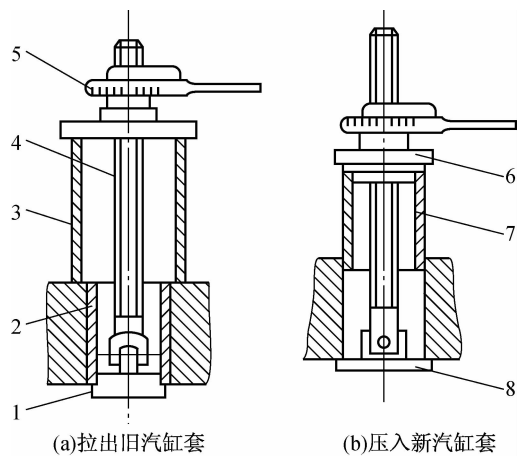


图 2-19 汽缸套的拆装

1、6—拉膜；2—旧汽缸套；3、8—支承；4—丝杠；5—板杠；7—新汽缸套

2. 汽缸套承孔的检修

汽缸套承孔应符合规定的质量要求,见表 2-5,否则用修理尺寸法修镗各承孔,应镗为同一级修理尺寸。镗削工艺与镗缸工艺相同,修理尺寸为 2~4 级,相邻两级直径差为+0.25 mm。汽缸套承孔出现裂纹则应更换汽缸体。

表 2-5 汽缸套承孔质量要求

项 目	质量要求	项 目	质量要求
圆度公差/mm	0.01	承孔与缸套配合/mm	干式:0.05~0.1
表面粗糙度/ μm	干式: $Ra \leq 1.6$		湿式:0.0~0.15
	湿式: $Ra \leq 0.8$	孔残留穴蚀面积/ mm^2	≤ 10

3. 新汽缸套的检修

干式缸套配合过盈量过大,承孔在镶装时容易胀裂,一般精车汽缸套外圆柱面修整配合盈量。在车削时,汽缸套应安装在内张式芯轴上,以防变形。

用图 2-19(b)所示工具将新缸套压入承孔。干式缸套镶装后,上端面应等高于缸体上平面。湿式缸套安装后则应高出汽缸体平面 0.05~0.15 mm。因此,安装前应检查上端面止扣的高度,不符合要求应修整汽缸套。若规定安装金属密封圈,应考虑密封垫的厚度,再计算止扣高度,止扣与密封垫应平整、无皱折和毛刺。

湿式汽缸套阻水圈装入阻水槽之后,阻水圈应高出汽缸套外圆柱面 0.5~1.0 mm,阻水圈侧面应有 0.5~1.5 mm 间隙,如图 2-20 所示。

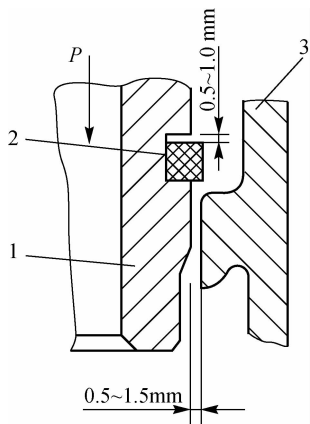


图 2-20 阻水圈在槽内的位置

1—汽缸套；2—阻水圈；3—承孔

4. 镶装汽缸套

用工具或压力机将汽缸套缓慢平稳地沿承孔轴线压入承孔,见图 2-19(b),干式缸套压力不大于 59 kN。在压入承孔 20~30 mm 的过程中,放松压力两次,使汽缸套在弹性变形作用下能够自动校正轴线的同轴度,再用直角尺检查缸套是否偏斜。在压入过程中,如果压装力急剧增大,要立即停止压装,检查、排除故障后再继续压装。压装时,按隔缸镶装的顺序进行。

湿式缸套在装配前不仅要清除承孔和承孔上下端面的水垢,还要在承孔上涂擦石墨粉,阻水圈和汽缸套上部止扣均应涂密封胶,再将阻水圈与汽缸套一同压入承孔。汽缸套镶装完毕后,对汽缸体进行水压试验。

2.3.3 汽缸盖的修理

汽缸盖的主要耗损形式有裂纹与变形。裂纹大多发生在进气门座与排气门座之间的过渡梁位置。若气门座配合盈量过大与镶装工艺不当,便会引起此处断裂。断裂后,必须更换汽缸盖。汽缸盖变形是指它与汽缸体的接合平面的平面度误差超限,会影响汽缸的密封性。汽缸盖的裂纹和下平面平面度需进行检验,并进行铲削或磨削加工修理。汽缸盖长度大于 300 mm,平面度公差为 0.01 mm;长度小于 300 mm,平面度公差为 0.05 mm。更换气门导管或气门座,与汽缸盖的修理一并进行。

2.3.4 汽缸垫的安装

汽缸垫经过多次拆装或安装仍不正确,就会导致厚度变薄;伸缩性减弱或根本没有伸缩性;汽缸垫凹凸不平或被气体冲坏等,都会造成汽缸垫漏气、漏水。漏气将使发动机的功率下降,漏水将使发动机汽缸机件锈蚀,发动机起动困难。水漏入油底壳内,会使机油变质。水漏入排气管内,会发出“突、突、突”的声音,同时散热器中还会有压力并产生气泡。

汽缸垫的安装方法有以下几点:

(1)先选择规格与汽缸体一致的汽缸垫,要求与所有的汽缸孔、螺栓孔、水道孔、杆孔等相配合。

(2)安装汽缸垫前,应清洁汽缸盖和汽缸体接合的两平面,清理粘在冷却液道和螺孔、螺紋以及衬垫和螺栓上的污物。检查衬垫是否折损和变形。

(3)汽缸垫必须按一定的方向安装。看清汽缸垫上的识别标记,如“朝前”或“此面朝上”的标记。如果表面上无标记,则将冲压出的号码标记朝向汽缸盖。

(4)安装汽缸盖时,一定要认真检查各孔位的配合是否正确,如果孔位偏移,会损伤汽缸垫继而造成冷却液的渗漏。

新的汽缸垫受压后,便与表面的微观凹凸不平的地方相适应。但若将汽缸垫装用后再重新拆装,就难与原来的凹凸不平的地方重新吻合,这就使得汽缸垫容易早期失效。

2.4 活塞连杆组的构造与工作原理

活塞连杆组由活塞、活塞环、活塞销和连杆等主要机件组成,如图 2-21 所示。

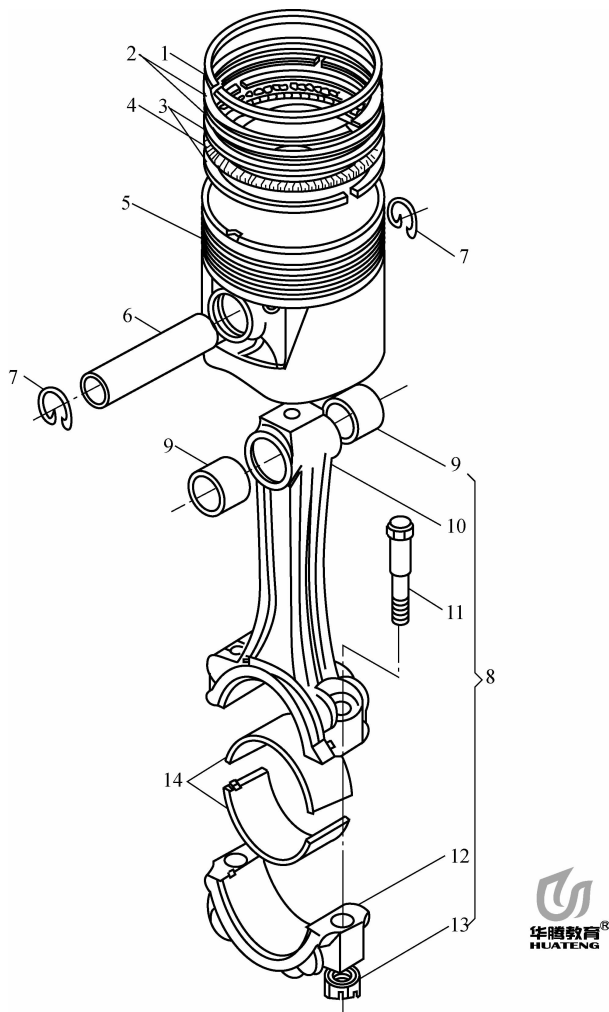


图 2-21 活塞连杆组的构造

1、2—活塞环；3—油环刮片；4—油环衬簧；5—活塞；6—活塞销；7—活塞销卡环；8—连杆组；
9—连杆衬套；10—连杆体；11—连杆螺栓；12—连杆盖；13—连杆螺母；14—连杆轴承

2.4.1 活塞的构造

1. 功用、工作条件与要求

1) 活塞的功用

活塞的功用是与汽缸盖和汽缸壁等共同形成燃烧室,承受气体压力,并将此力通过活塞传给连杆,以推动曲轴旋转。

2) 活塞的工作条件

活塞是在高温、高压、高速及润滑和散热均困难的条件下工作的,其工作条件如下:

(1) 气体压力大、工作温度高。在作功行程时,活塞顶部承受着带有极强的高压气体冲击力。对于汽油机活塞,最大压力可达 5 MPa,而柴油机活塞的瞬时最大压力高达 10 MPa,增压柴油机压力则更高。高压导致活塞的侧压力变大,活塞外表面的磨损加速,也易引起活塞的变形。

活塞顶部与高温气体直接接触,气体的最高温度可达 2 500 K 以上,但活塞的散热条件极差,因此,活塞的温度很高,可达 600~700 K。高温一方面使活塞的热膨胀量增大,另一方面会使活塞材料的机械强度降低,从而破坏与其相关零件的配合。

(2) 速度高。现代发动机的转速可高达 4 000~6 000 r/min,活塞在汽缸内作高速运动,平均速度为 8~12 m/s,其瞬间速度还可能更高。活塞运动速度的大小和方向在不断地变化,较大的惯性力使曲柄连杆机构的各零件和轴承承受附加载荷。

3) 活塞的工作要求

鉴于活塞的作用与恶劣的工作条件,活塞应满足如下要求:

- (1) 质量尽量小,以便保持最小的惯性力。
- (2) 有足够的刚度和强度。
- (3) 导热性要好,散热能力充分。
- (4) 有足够的耐热性。
- (5) 活塞与汽缸壁间摩擦系数较小。
- (6) 温度变化时,尺寸和形状变化小。
- (7) 和汽缸壁间保持最小的间隙。

2. 材料

目前,汽油发动机的活塞广泛采用铝合金材料,其优点是质量小、导热性好,但较大的热膨胀系数会使强度和硬度在温度升高时下降较多。活塞用的铝合金中,硅铝合金具有较小的膨胀系数和密度,耐磨性也较好,使用广泛。

柴油发动机的活塞大多采用灰铸铁材料,成本低、耐热性好、膨胀系数也小。少数机械负荷和热负荷较大的柴油机活塞采用了高强度和耐热性较好的铜镍镁铝合金,它的膨胀系数和密度都大于硅铝合金。新设计的灰铸铁活塞有的比铝合金的还轻。

3. 组成

根据活塞的结构,可将其分为顶部、环槽部、裙部和活塞销座四部分,如图 2-22 所示。其中顶部和环槽部统称为头部。

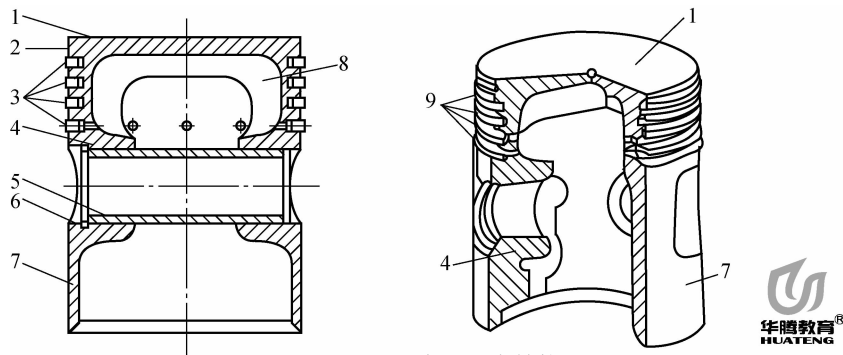


图 2-22 活塞的基本结构

- 1—活塞顶; 2—活塞头; 3—活塞环; 4—活塞销座; 5—活塞销;
6—活塞销锁环; 7—活塞裙部; 8—加强肋; 9—环槽

1) 顶部

活塞的顶部是燃烧室的组成部分,用来承受气体压力。为了提高其刚度和强度,加强散热能力,顶部背面制有加强肋。根据目的和要求的不同,活塞顶部也制成各种不同的形状。如图 2-23 所示为汽油机活塞顶部的几种常见的形状。

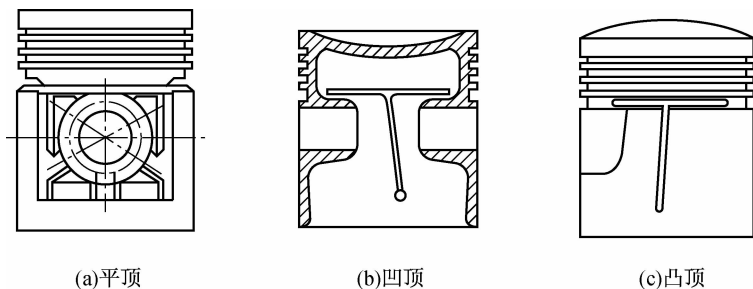


图 2-23 活塞顶部形状

平顶活塞结构简单,制造方便,受热面积小,温度低,在汽油机上被广泛采用。凹顶活塞主要用于高压缩比发动机,可用凹坑的深度来调整压缩比,也可防止活塞顶部碰撞气门。凸顶活塞用于组成半球形燃烧室。

2) 环槽部

活塞的环槽部切有 3~5 道环槽,用以安装活塞环。它是活塞的防漏部分,两环槽之间称为环岸。环槽的形状与活塞环断面形状相适应,一般为矩形或梯形。靠顶部的环槽装压缩气环,一般为 2~3 道。下面的环槽装油环,一般为 1~2 道。油环环槽的槽底圆周上制有若干贯通的泄油槽或泄油孔,油环从缸壁上刮下的多余润滑油经此流回油底壳。

3) 裙部

活塞的裙部的作用是为活塞往复运动导向和承受侧压力。因此,裙部既要有一定的长度,又要有足够的面积,保证可靠的导向,防止活塞对汽缸壁的单位面积压力过大,造成油膜破坏,加大磨损。

裙部的基本形状为一个薄壁圆筒,有全裙式、半拖板式裙部、拖板式裙部等几种类型,如图 2-24 和图 2-25 所示。高速运动的发动机,缸径大、行程短,降低了发动机的高度,为了避免活塞与曲轴平衡重块相碰和减小质量,在保证有足够承压面积的情况下,将沿销座孔轴线方向的裙部去掉一部分,形成半拖板式裙部,或者全部去掉,形成拖板式裙部。拖板式裙部弹性较大,可以减小活塞与汽缸壁间的装配间隙。

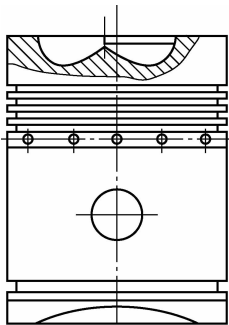


图 2-24 半拖板式裙部活塞

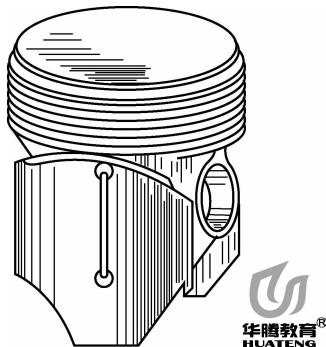


图 2-25 拖板式裙部活塞

有的两道油环的柴油机活塞,为了改善裙部的润滑条件,将其中的一道油环置于裙部的下方,见图 2-25。

4) 活塞销座

活塞销座是活塞与活塞销的连接部分,是活塞裙部上部用以安装活塞销的厚壁圆筒结构。活塞所承受的气体压力、惯性力由销座传递给活塞销。大部分活塞在销座孔内接近外端面处开有装卡环的卡环槽,可限制活塞销的轴向窜动。为了避免冷却过程中活塞的收缩大于活塞销的收缩而将卡环顶出,卡环与活塞销端面之间要留有足够的间隙,因此,卡环之间的距离要大于活塞销的长度。销座孔的加工精度很高,需分组与活塞销选配才能达到高精度配合,通常将用色漆表示销座孔的尺寸分组标于销座下方的外表面。有些销座上也钻有收集润滑油的小孔,便于销座孔的润滑。

4. 活塞的变形及应采取的措施

活塞能够正常工作,活塞各部与汽缸壁之间必须保持一定的间隙。间隙过小或过大都有危害:间隙过小,活塞受热膨胀会出现拉缸、卡死等故障;间隙过大,又会出现敲缸、窜气、上机油等故障。因此,要找出变形原因,认清规律,采取相应的结构,消除或减少可能出现的不良影响。

1) 活塞的变形原因及规律

活塞变形的主要原因是受热膨胀,其次是侧压力。另外,气体压力也会引起活塞的顶部弯曲变形,但变形情况较小且复杂,可以忽略。

活塞变形的规律如下:

(1) 活塞与汽缸的配合间隙变小。这是由于活塞的温度高于汽缸壁,且铝合金的膨胀系数大于铸铁,使整个活塞的热膨胀量大于汽缸的热膨胀量。

(2) 活塞自上而下热膨胀量由大变小。这是由于温度上高下低,且活塞的壁厚是上厚下薄,使头部的热膨胀量大于裙部。

(3) 活塞裙部圆周方向近似椭圆形变化,且长轴沿着销座孔轴线方向。这是由于气体压力及销座孔处金属热膨胀量和侧压力作用的结果,如图 2-26 所示。

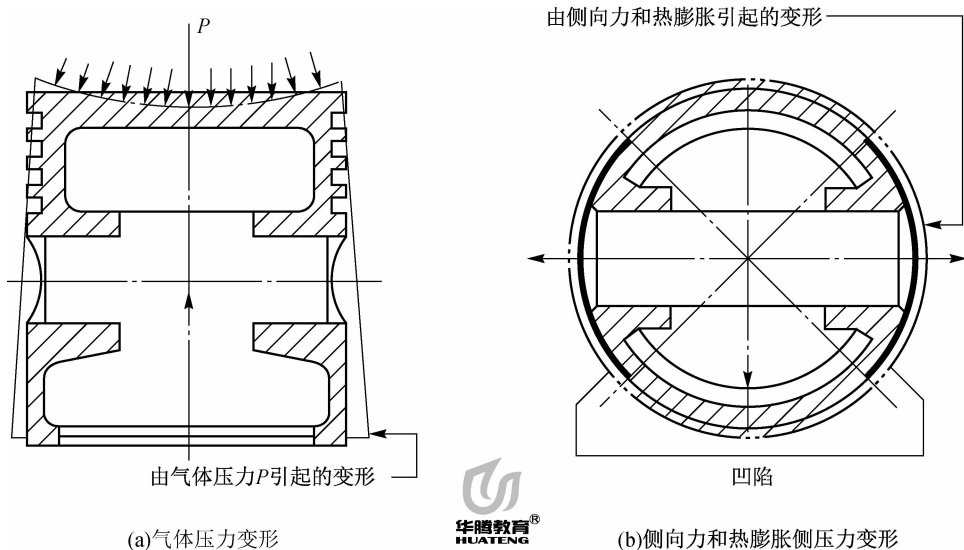


图 2-26 活塞裙部的变形

2) 结构措施

在各种工作情况下,为了使活塞各部分特别是裙部与缸壁的配合间隙都尽可能保持在一定范围内,对不同结构的活塞采取了不同的措施,与变形相适应或尽可能地控制变形。如图 2-27 所示为控制活塞变形的结构措施。这些措施有:

(1)沿活塞裙部高度方向上制成近似圆锥形,以起到补偿活塞裙部热膨胀量上大下小的作用,保证活塞在热态下整体形状接近圆柱形,见图 2-27(a)。

(2)将活塞裙部制成椭圆形,椭圆的长轴在垂直于销座孔轴线的方向,见图 2-27(b)。将销座外端面在铸造时凹陷 0.5~1 mm,或截去一小部分。

(3)活塞裙部开绝热槽和膨胀槽,见图 2-27(c)。T 形或 N 形槽开在裙部受侧压力较小的面。其中横槽叫绝热槽,它开在头部最下一道油环槽中或裙部上边缘,可减少头部热量向裙部传导,从而减少裙部的热膨胀,绝热槽若开在油环槽中,还可兼作机油的回油孔。竖槽叫膨胀槽,使裙部具有一定的弹性和热态时能起补偿作用,使活塞在装配间隙较小的情况下热膨胀时,不致卡缸。

一般活塞裙部在垂直于销座孔轴线方向的下端直径最大,因而该处在常温下与缸壁的配合间隙最小,这一间隙值通常被称为配缸间隙。因活塞的材料、直径、结构及热负荷等不同,各种发动机的配缸间隙也有所不同。

在槽的端部均钻有圆孔,可防止由于应力集中造成开槽沿槽端延伸破裂。裙部不开槽的柴油机活塞称为刚性活塞,其配缸间隙比汽油机大些。

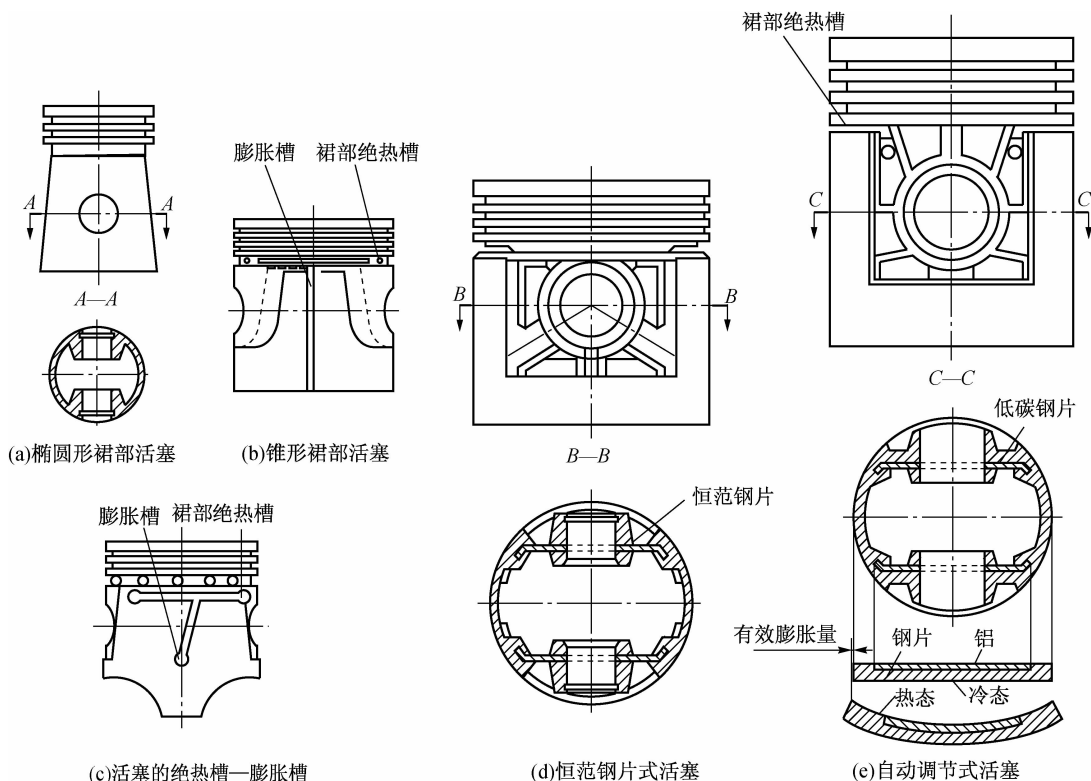


图 2-27 控制活塞变形的结构措施

(4)采用双金属活塞是目前国内外广泛采用的一种措施。在铝合金活塞裙部或销座内

嵌铸入钢片,减小活塞裙部的膨胀量。

双金属活塞由于结构和作用原理不同,可分为恒范钢片式、自动调节式、筒形钢片式等数种。

①恒范钢片式。如图 2-27(d)所示为恒范钢片式活塞。恒范钢膨胀系数仅为铝合金的十分之一左右,恒范钢为含镍 33%~36%的低碳合金钢。恒范钢片位于活塞销座与裙部中间,这样,销座的膨胀对裙部不直接产生影响。另外,由于裙部在膨胀时,侧压力受恒范钢片的牵制,使膨胀量大为减小。

②自动调节式。如图 2-27(e)所示为自动调节式活塞。由膨胀系数较小的低碳钢片贴在销座铝层的内侧构成。活塞利用钢片的牵制作用及钢片与铝壳之间的双金属效应来减小裙部侧压力方向的膨胀量。双金属贴合在一起,温度升高后,两者膨胀伸长而产生不同程度的弯曲,减小有效膨胀量,减小程度随温度升高也越来越明显,所以称其为热膨胀自动调节式活塞,或称为热补偿式活塞。此类结构广泛应用于高速汽油机中。

③筒形钢片式。筒形钢片式活塞多用于柴油机,如图 2-28 所示。将钢筒夹在铝合金中进行浇铸,铝合金的热胀系数比钢大,位于钢筒外面的铝合金层冷凝后就紧固在钢筒上,它的收缩量受到钢筒的阻碍而减小,同时铝合金产生拉应力,钢筒产生压应力。钢筒内侧铝合金层由于与钢筒没有金属结合,向里收缩就无阻碍,两者之间形成一道收缩缝隙。若活塞工作温度升高,内层铝合金的膨胀先要消除收缩缝隙,然后才能推动钢筒外胀。而外层铝合金与钢筒在膨胀过程中,先将预应力消除,从而减少了铝合金的膨胀量。因此,整个裙部的膨胀量相应减小。另外,钢筒在销座部分为平面形,膨胀时产生圆环效应,力图使平面外胀将筒变圆,使侧压力面膨胀更小,主要膨胀方向在销座。

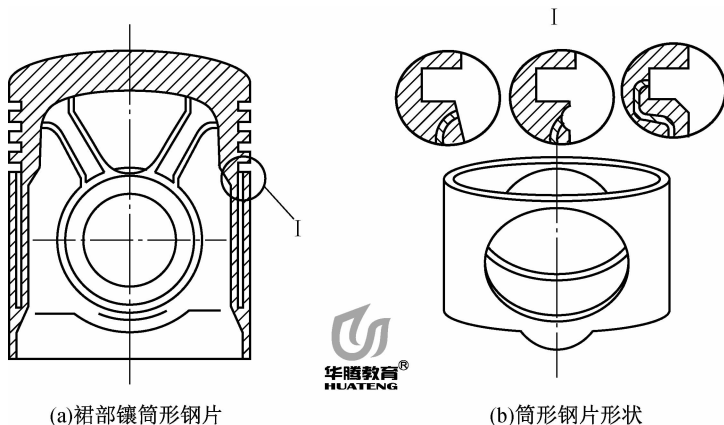


图 2-28 筒形钢片式活塞

2.4.2 活塞环的结构

1. 活塞环的功用与分类

按照功用的不同,可将活塞环分为气环和油环两类。

(1)气环如图 2-29(a)所示。气环也叫压缩环,它的功用是密封活塞与汽缸壁之间的间隙,防止气体由汽缸内窜入油底壳,并将活塞头部的热量传给汽缸壁,再由冷却液或空气带走。另外还起辅助刮油、布油的作用。一般发动机的每个活塞有 2~3 道气环。

(2)油环如图 2-29(b)所示。油环的功用是刮走汽缸壁上多余的机油,并在汽缸壁上涂一层均匀的机油膜。这样可以防止机油窜入燃烧室燃烧形成烧机油等,又可减小活塞、活塞环与汽缸的摩擦阻力和磨损,也起辅助密封的作用。一般发动机每个活塞有 1~2 道油环。

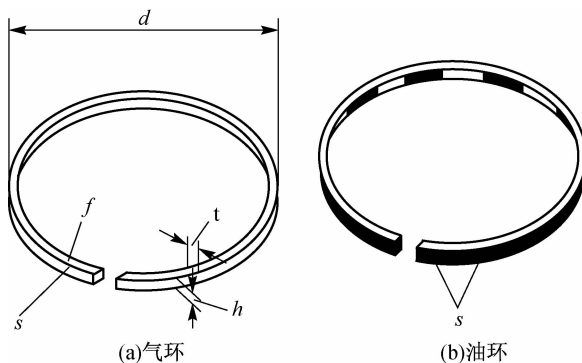


图 2-29 活塞环

目前,随着发动机转速的极大提高,活塞环的数目逐渐减少,多为两道气环、一道油环。这样既减少了摩擦损失,又缩短了活塞高度,进而降低了发动机高度。

2. 工作条件

活塞环是在“三高”即高温、高压、高速和润滑困难的条件下工作的。它的运动情况比较复杂,不仅与汽缸壁间有相对高速的滑动摩擦、与环槽侧面产生上下撞击,而且由于环的径向膨胀收缩而产生与环槽侧面相对的摩擦。因此,活塞环是发动机中磨损最快的零件之一,平均寿命较低,一般 50 000~70 000 km 就需要更换。另外,高温热负荷使环的耐磨性能和弹性也下降。而第一道气环弹力下降和磨损速度最快,因受上述条件影响最大。

3. 材料与表面处理

根据活塞环的功用和工作条件,环的材料应具有良好的耐磨性、导热性、耐热性、磨合性、冲击韧性和足够的弹性等。为满足上述要求,通常活塞环多用优质灰铸铁、球墨铸铁或合金铸铁制造,且这些材料含有固体润滑剂石墨,可改善其润滑条件。也有一些发动机的组合式油环采用弹簧钢片制作。

不少发动机为减缓活塞环和汽缸的磨损,在环上特别是第一道活塞环外表面进行多孔镀铬或喷钼。这是因为多孔镀铬硬度高,也能贮存少量润滑油;钼熔点高,且具有多孔性而能存油,所以抗拉磨能力强。

活塞早期损坏的主要原因往往是活塞环槽侧面的磨损,为使汽缸、活塞,特别是活塞环的寿命大大提高,现在通常对活塞环三面镀铬。

为改善活塞环的磨合性能,除第一道环外,其他活塞环大都可采用镀锡、磷化或硫化处理。

4. 间隙

活塞环在安装时应在其端面、侧面、背面三处留有相应的间隙,即端隙、侧隙和背隙,如图 2-30 所示。活塞环既要相对于汽缸作上下运动,又要相对于活塞横向移动,活塞、活塞环在工作时都会发生热膨胀,这些间隙可防止活塞环胀死于槽内或卡死于缸内,保证其密封性。

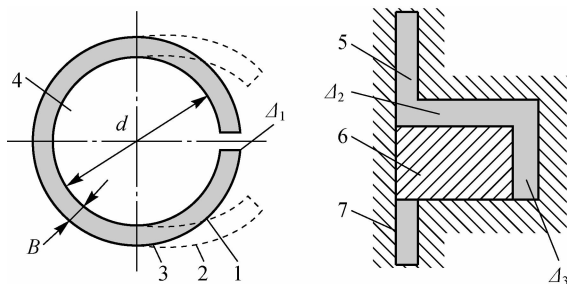


图 2-30 活塞环的间隙

1—环放入缸内的状态；2—环的自由状态；3—环工作的正面；4—环工作的背面；5—活塞；6—活塞环；7—汽缸壁

Δ_1 —端隙； Δ_2 —侧隙； Δ_3 —背隙

端隙又称为开口间隙,是活塞环装入汽缸后开口处的间隙。一般在 $0.25 \sim 0.50 \text{ mm}$ 之间。此数值随缸径增大而增大,第一道气环略大于第二、第三道气环,柴油机略大于汽油机。安装活塞环时各道环口应互相错开,以减小气体的泄漏。

侧隙又称边隙,是环高方向上紧压环槽与另一环槽之间的间隙。第一道气环因工作温度高,一般为 $0.04 \sim 0.10 \text{ mm}$;其他气环一般为 $0.03 \sim 0.07 \text{ mm}$ 。油环的侧隙较小,一般为 $0.025 \sim 0.07 \text{ mm}$ 。

背隙是活塞及活塞环装入汽缸后,活塞环向内的背面与环槽底部间的间隙,一般为 $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ 。为了增大存油间隙,以利于减压泄油,油环的背隙比气环大。另外,在实际工作中,为了测量方便,维修中以环的厚度与环槽的深度差来表示背隙,此值比实际背隙要小些。

2.4.3 活塞销的结构

1. 功用和工作条件

活塞销用来连接活塞和连杆,并把活塞所受的力传递给连杆。

活塞销是在承受大小和方向都不断变化的冲击载荷作用下工作的。但由于活塞销是作低速摆动运动,油膜不易建立,故润滑条件极为不良。

2. 结构与材料

活塞销的基本结构为一个厚壁管状体,如图 2-31(a)所示;有的也按等强度要求做成变截面结构,如图 2-31(b)、图 2-31(c)所示。

活塞销的材料一般为低碳钢或低碳合金钢,如 20 或 20Cr、20MnV 等钢,再经表面渗碳或氰化处理,这样既有较高的表面硬度,耐磨性好,刚度、强度高,又有较软的芯部,耐冲击性能好。

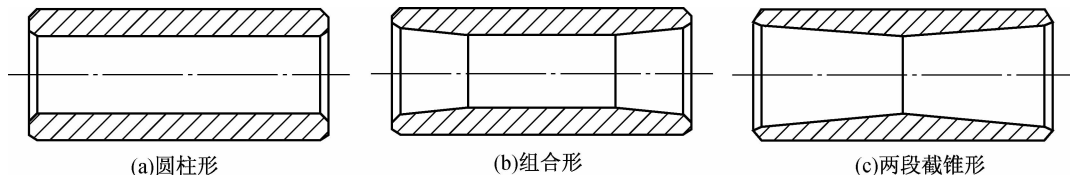


图 2-31 活塞销的基本结构

3. 活塞销的连接方式

活塞销的连接方式有全浮式和半浮式两种。

1) 全浮式

全浮式连接就是发动机在正常工作温度下,活塞销在连杆小头和活塞销座内部都有合适的配合间隙并能自由转动。

全浮式连接如图 2-32 所示,活塞销在工作时可作缓慢的无规则转动,使其磨损较均匀,寿命长,被广泛采用。

铝的膨胀系数比钢大,且销座温度比活塞销温度高,为了在工作温度下保持正常间隙,活塞销与销座孔在冷态时配合间隙极小,甚至有微量过盈,这样高的配合精度除活塞销本身须有很高的加工精度和较低的表面粗糙度外,还应用分组法满足与销座孔的配合。活塞销的尺寸分组通常用色漆标记于活塞销的内孔端部。

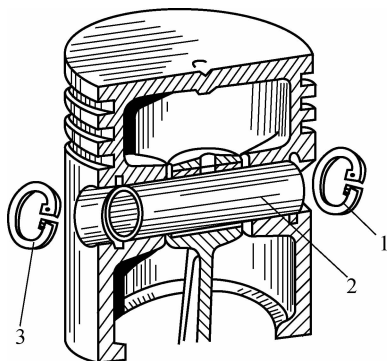


图 2-32 全浮式活塞销连接

1、3—卡环；2—活塞销

2) 半浮式

半浮式连接就是活塞销与销座孔和连杆小头两处,一处固定,一处浮动。其中,大多数采用活塞销与连杆小头固定的方式,在加热连杆小头后,将活塞销装入,为过盈配合。活塞销与销座孔间必须有一定的装配间隙,以保证冷起动时转动。这种连接方式的特点是:销座孔内无卡簧,连杆小头处无衬套,衬套修理作业的内容可以省去。结构的变化使往复运动件的质量减轻,适用于轻型高速发动机。

2.4.4 连杆组的构造

连杆组由连杆体、连杆盖、连杆螺栓和连杆轴瓦等零件组成,如图 2-33 所示。习惯上把整个连杆组称为连杆。

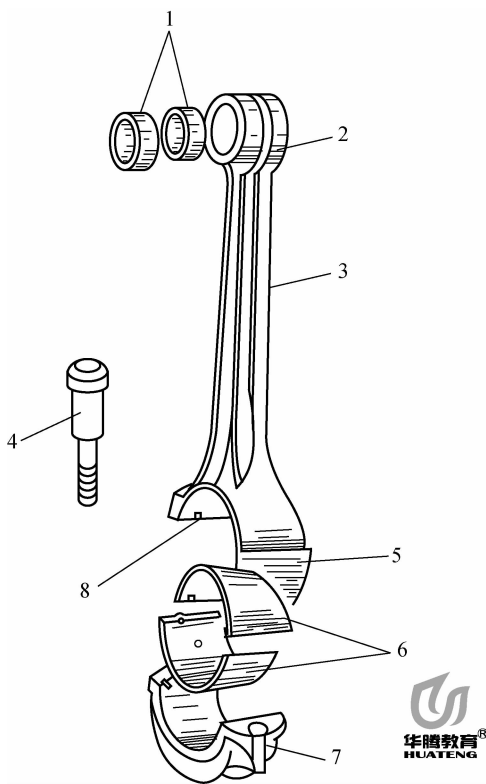


图 2-33 连杆组件的分解

1—连杆衬套；2—连杆小头；3—杆身；4—连杆螺栓；5—连杆大头；
6—连杆轴瓦；7—连杆盖；8—凹槽

连杆的功用是将活塞承受的力传递给曲轴，把活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动。

2.5 活塞连杆组的维修

活塞连杆组是发动机的重要工作部件，其工作条件十分恶劣。不仅要承受高温、高压燃烧气体的作用力，还要在汽缸中作高速往复直线运动。因此，其技术状况的好坏，对发动机工作性能的影响极大。因此，在发动机维修作业中，活塞连杆组的修理不但是大修的必做项目，而且也是小修和维护中极有可能发生的修理作业。

活塞连杆组的修理，主要包括活塞与活塞环的选配、活塞销选配、连杆组的修理以及活塞连杆组的组装。

2.5.1 活塞连杆组的选配

1. 活塞的选配

在发动机大修过程中，活塞、活塞销和活塞环等是作为易损件需要更换的，这些零件的选配是一项重要的工艺技术措施。所谓选配，即不完全互换性，是以较大的公差加工零件，

得到较高装配精度。

发动机维修时,对活塞的选用有很高的要求。例如,配缸间隙的变动量为 $0.01\sim 0.02\text{ mm}$,销座孔的直径差为 0.0025 mm ,活塞的质量差为 $4\sim 8\text{ g}$,为保证各缸活塞的机械性能和热处理性能的一致,同一台发动机必须选用同一厂牌的活塞。只有同时满足上述条件,发动机才可得到较高的动力性、经济性、可靠性和工作的稳定性。如果采用减小活塞的尺寸、形位公差的方法来达到配合要求,必会造成加工困难和增加废品率,使制造和维修成本提高。因此,在制造时以较大的公差加工,然后将活塞分成若干组,使同组活塞误差为最小,维修时选用同一组别的活塞,就能同时满足上述所有选配的要求。选配得到了较高的配合精度,降低了维修成本。

由于制造厂对零件进行分组,所以在运输和保管时,要防止零件分组的错乱。修理时选用同组零件是十分重要的。目前,进口和一些国产发动机在维修时常采用三组合或四组合套件,实际上就是对活塞、活塞销和活塞环的选配。

2. 活塞环的选配

在发动机大修和小修时,活塞环是被当作易损件需要更换的。活塞环没有修理尺寸,不因汽缸和活塞的分组而分组。

活塞环选配时,以汽缸的修理尺寸为依据,同一台发动机应选用与汽缸和活塞修理尺寸等级相同的活塞环。发动机汽缸磨损不大时,应选配与汽缸同一级别的活塞环。汽缸磨损较大但尚未达到大修时,严禁选择加大一级修理尺寸的活塞环锉端隙使用。进口发动机活塞环的更换,按原厂规定进行。

更换活塞环的要求是:与汽缸、活塞的修理尺寸一致;具有规定的弹力,以保证汽缸的密封性;环的漏光度、端隙、侧隙、背隙应符合原厂设计规定。

3. 活塞销的选配

发动机大修时,活塞销必须随活塞一起更换,选配标准尺寸的活塞销,为小修留有余地。选配活塞销的原则是:同一台发动机应选用同一厂牌、同一修理尺寸的成组活塞销,活塞销表面应无任何锈蚀和斑点,表面粗糙度 $Ra\leq 0.2\text{ mm}$,圆柱度误差 $\leq 0.0025\text{ mm}$,质量差在 10 g 的范围内。

为了适应修理的需要,活塞销还设有四级修理尺寸,可以根据活塞销座和连杆衬套的磨损程度来选择相应修理尺寸的活塞销。

活塞销与活塞销座和连杆衬套的配合一般是通过铰削、镗削或滚压来实现的。其配合要求是:在常温下,汽油机的活塞销与销座配合间隙为 $0.0025\sim 0.0075\text{ mm}$,与连杆衬套的间隙为 $0.005\sim 0.010\text{ mm}$,且要求活塞销与衬套的接触面积在75%以上。柴油机活塞销与销座的过盈量较大,过盈量一般为 $0.02\sim 0.05\text{ mm}$,与连杆衬套的间隙也比汽油机大,一般为 $0.03\sim 0.05\text{ mm}$ 。

4. 连杆组的修理

连杆组的修理主要是连杆变形的检验与校正、连杆衬套的修配等。

1) 连杆变形的检验与校正

连杆在工作中,由于发动机超负荷和爆燃等原因,产生复杂的交变载荷,造成连杆的弯曲和扭曲变形。连杆的弯曲是指小端轴线对大端轴线在轴线平面内的平行度误差;连杆的扭曲则是指连杆小端轴线在轴线平面的法向上的平面度误差。连杆变形后,使活塞在汽缸

中歪斜,引起活塞与汽缸、连杆轴承与连杆轴颈的偏磨,将对曲柄连杆机构的工作产生很大的影响。因此,对连杆变形的检验与校正是发动机修理过程中的一项极为重要的项目。

(1)连杆变形的检验。连杆变形的检验在连杆检验仪上进行,连杆检验仪能检验连杆的弯曲、扭曲、双重弯曲的程度及方位,并校正连杆的弯曲与扭曲。校验仪上的菱形支承轴能保证连杆大头承孔轴线与检验平板相垂直。检验时,首先将连杆大头的轴承盖装好,不装连杆轴承,并按规定的扭力将连杆螺栓拧紧,同时将轴装入小端衬套的承孔中。然后,将连杆大头套装在支承轴上,通过调整定位螺钉支承轴扩张使连杆固定在校验仪上。检验工具是带有 V 形槽的三点规。三点规上的三点构成的平面与 V 形槽的对称平面垂直,下面两测点的距离为 100 mm,上测点处在下面两测点连线的垂直等分线上,与两个下测点连线的距离也是 100 mm。

(2)连杆变形的校正。在校正连杆时,首先要记下连杆弯曲与扭曲的方向和数值,利用连杆校正器进行校正。通常情况下,先校正扭曲,再校正弯曲。校正时,应避免反复的过度校正。

校正连杆扭曲变形时,先将连杆下盖按规定装配并拧紧,然后在台钳口垫以软金属垫片并夹紧连杆大头侧面,最后使用专用扳钳装卡在连杆杆身的下部位。按如图 2-34 所示的安装方法校正连杆的逆时针的扭曲变形。校正连杆顺时针的扭曲变形时,将上下扳钳交换即可。

校正连杆弯曲变形时,如图 2-35 所示。将弯曲的连杆置入专用的压器内,弯曲的凸起部位朝上,并对正丝杠部位放好垫块,扳转丝杠使连杆产生反向变形并停留一定时间,待金属组织稳定后再去掉外载荷。重新复查校正情况,确定是否需要再校正。

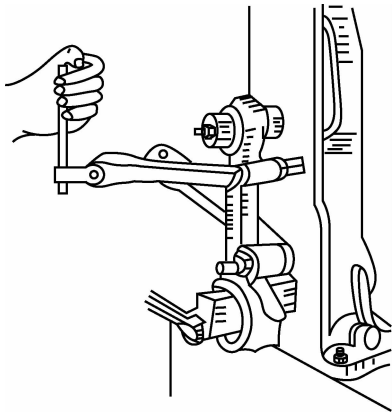


图 2-34 连杆扭曲的校正

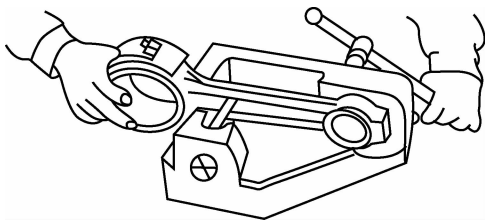


图 2-35 连杆弯曲的校正

在常温下校正连杆,由于材料弹性后效的作用,在卸去负荷后连杆有恢复原状的趋势,将影响连杆的正常使用。因此,在校正变形量较大的连杆后,必须进行时效处理。方法是:将连杆加热至 573 K,保温一定时间即可。校正变形较小的连杆,只需在校正负荷下保持一定时间,不必进行时效处理。

2) 连杆衬套的修配

在更换活塞销的同时,必须更换连杆衬套,以恢复其正常配合。新衬套的外径应与小端承孔有 0.10~0.20 mm 的过盈量,以防止衬套在工作中发生转动。过盈量也不可过大,否则会在压装时将衬套压裂。

选择新衬套时,可用量具分别测量连杆小端承孔内径和衬套外径,其差值便是衬套的加工余量。通常多用经验法进行判断,在衬套压装前先将其与活塞销试配,如能勉强套入活塞销则为合格;若套不进或套入后感觉松旷,表示其加工余量过小或过大,均应重新选择衬套。

衬套压入后,便可铰削或镗削,使其与活塞销的配合符合规定。连杆衬套的铰削与活塞销座铰削的方法基本相同。如图 2-36 所示,先按活塞销的实际尺寸选用铰刀,将铰刀的刀把垂直地夹在台钳的钳口上,连杆衬套孔套入铰刀,一手托住连杆大头均匀用力扳转,另一手柄持小端并向下略施加压力进行铰削。当衬套下平面与刀刃下方相平时,停止铰削,将连杆下压退出,以免铰偏或起棱。然后在铰刀量不变的情况下,再将连杆从反向重铰一次,铰刀的铰削量以调整螺母转过 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 为宜。每铰削一次都要用相配的活塞销试配,以防铰削过大。当达到用手掌力能将活塞销推入衬套 $1/3 \sim 2/5$ 时停铰,用木锤将活塞销打入衬套内,并夹持在台钳上左右扳转连杆,如图 2-37 所示。然后压出活塞销,视衬套的压痕作适当的修刮。

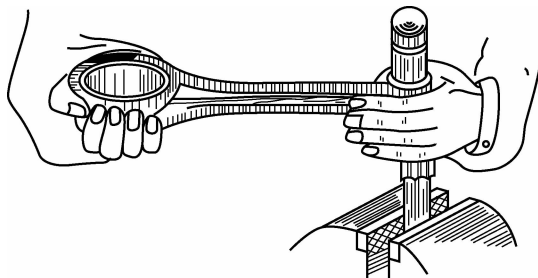


图 2-36 连杆衬套的铰削

活塞销与连杆衬套的配合通常也用感觉来判断,即以大拇指力能将涂有机油的活塞销推过衬套为符合要求,如图 2-38 所示,或将涂有机油的活塞销装入衬套内,连杆与水平面夹角为 45° ,用手轻击活塞销应能依靠其自重往下滑。此外,活塞销与连杆衬套的接触呈点状分布,面积应在 75% 以上。

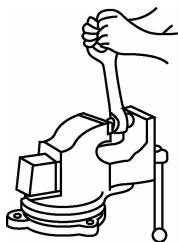


图 2-37 检验活塞销与连杆衬套的接触面积



图 2-38 检验活塞销与连杆衬套的配合间隙

2.5.2 活塞连杆组的组装

活塞连杆组的零件经修复、检验合格后,方可进行组装。组装前应对待装零件进行清洗,并用压缩空气吹干。当连杆具有连杆油道时,尤其要清洗干净连杆油道中的污垢。

首先进行活塞与连杆的装配,通常采用热装方法进行。因为活塞销与销座在常温下有微量的过盈,所以装合时一定要加热。方法是:将活塞置入水中加热至 $353 \sim 373 \text{ K}$,取出后迅速擦净,将活塞销涂上机油,插入活塞销座推过连杆衬套,直至另一端销座的外边缘,然

后装入锁环。两锁环的内端应与活塞销有 0.10~0.25 mm 的间隙。否则,锁环将被顶出,造成拉缸。

活塞与连杆组装时,要注意两者的缸序和安装方向,不得错乱。活塞与连杆一般都标有装配标记。若两者的装配标记不清或不能确认时,可结合活塞和连杆的结构加以识别。如活塞顶部的箭头或边缘缺口朝前;汽油机活塞的膨胀槽开在作功行程侧压力较大的对侧(左侧);连杆杆身的圆形突出点朝前。此外,连杆与下盖的配对记号一致并对正,或杆身与下盖承孔的凸榫槽安装时应在同一侧,以避免装配时的配对错误。

活塞连杆组装后,还需要在连杆校验仪上检验活塞轴线对连杆大头承孔的垂直度。检验的方法是:将连杆大头承孔套装在校验仪的支承轴上,用厚薄规分别测量活塞顶部前后方向的边缘与平板的间隙是否一致,两次测量数值的差值即为组件的垂直度,其公差为 0.05~0.08 mm。超过上述数值时,应再次检验活塞销座有无铰斜、连杆是否弯曲等。经修复后,再次进行组装,直至符合要求。

最后安装活塞环。安装时,应采用专用工具,以免将环折断。由于各道活塞环的结构差异,在安装活塞环时要特别注意各道活塞环的类型、规格、顺序及其安装方向。

2.6 曲轴飞轮组的构造与工作原理

AR

2.6.1 曲轴飞轮组的构造

曲轴飞轮组主要由曲轴、扭转减振器、飞轮等组成,如图 2-39 所示。

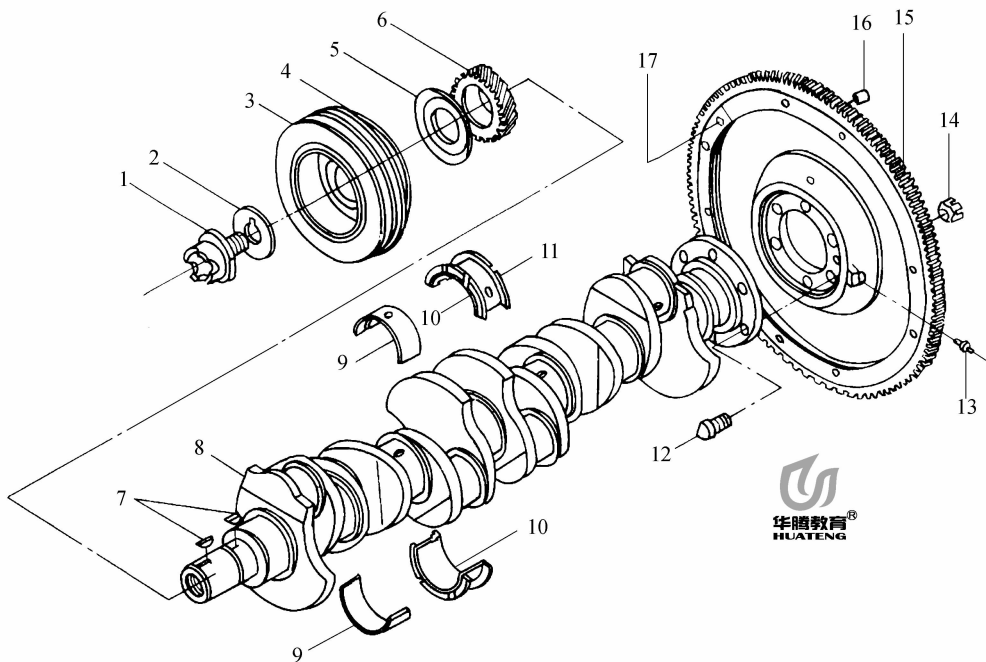


图 2-39 东风 61001 发动机曲轴飞轮组分解图

- 1—起动爪; 2—起动爪锁紧垫圈; 3—扭转减振器; 4—皮带轮; 5—挡油片; 6—正时齿轮; 7—半圆键;
8—曲轴; 9—主轴承上、下瓦; 10—中间主轴承上、下瓦; 11—止推片; 12—螺栓; 13—润滑油嘴;
14—螺母; 15—飞轮与齿圈; 16—离合器盖定位销; 17—第一、六缸活塞压缩止点记号

1. 曲轴的功用

曲轴是发动机中最重要的机件之一。其主要作用是把活塞连杆组传递的气体压力转变为转矩从而对外输出动力。另外,曲轴还用来驱动发动机的配气机构及其他各种辅助装置(如发电机、风扇、水泵、转向油泵等)。

2. 曲轴的工作条件和要求

发动机工作时,曲轴要承受周期性变化的气体压力、往复惯性力和离心力,以及这些力所产生的转矩和弯矩的共同作用。在上述周期性载荷的作用下,会引起扭转振动和弯曲振动而产生附加应力。转速和负荷经常变化,导致轴颈处有时不易形成良好的油膜,而它与轴承相对摩擦速度又很高,在紧急制动等情况下,特别是踩离合器踏板时,曲轴会产生轴向窜动。

曲轴是一个形状复杂的、高速运转的细长件,在上述工作条件下会产生弯曲变形、疲劳破坏和轴颈磨损等。因此,要求曲轴有足够的刚度、强度和一定的耐磨性,并需要满足动平衡要求。

3. 曲轴的材料

目前,曲轴大多采用优质中碳钢(如45号钢)或中碳合金钢(如45Mn2、40Cr等)锻制,轴颈还需表面淬火处理。另外,球墨铸铁曲轴也广泛应用,其刚度大,耐磨性能好,还有良好的吸振性,但较脆。

4. 曲轴的构造

曲轴有整体式和组合式两种。

1) 整体式曲轴的构造

如图2-40所示,整体式曲轴的基本组成包括前端轴、主轴颈、连杆轴颈、曲柄、平衡块、后凸缘盘等,一个连杆轴颈和它两端的曲柄及主轴颈构成一个曲拐。

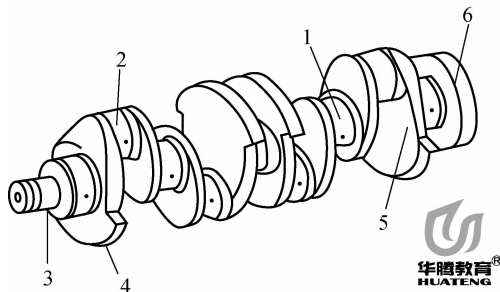


图 2-40 整体式曲轴

1—主轴颈；2—连杆轴颈；3—前端轴；4—平衡块；5—曲柄；6—后凸缘盘

2) 组合式曲轴的构造与装配

有些发动机的主轴承采用滚动轴承,为了便于安装轴承而采用组合式曲轴。现以如图2-41、图2-42所示的6135Q型柴油机的组合式曲轴为例,说明组合式曲轴的结构与装配。组合式曲轴的材料为耐磨铸铁,它主要由皮带轮、前端轴、曲拐、曲轴凸缘、主轴承和飞轮等组成。

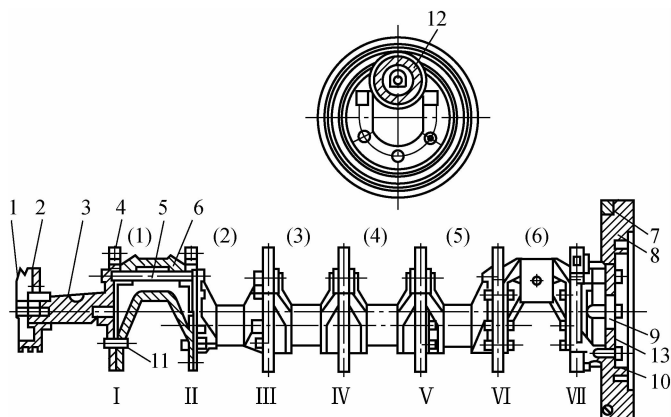


图 2-41 组合式曲轴

1—起动爪；2—皮带轮；3—前端轴；4—滚动轴承；5—连接螺杆；6—曲柄；7—飞轮齿圈；
8—飞轮；9—后端凸缘；10—挡油盘；11—定位螺钉；12—油管；13—锁片

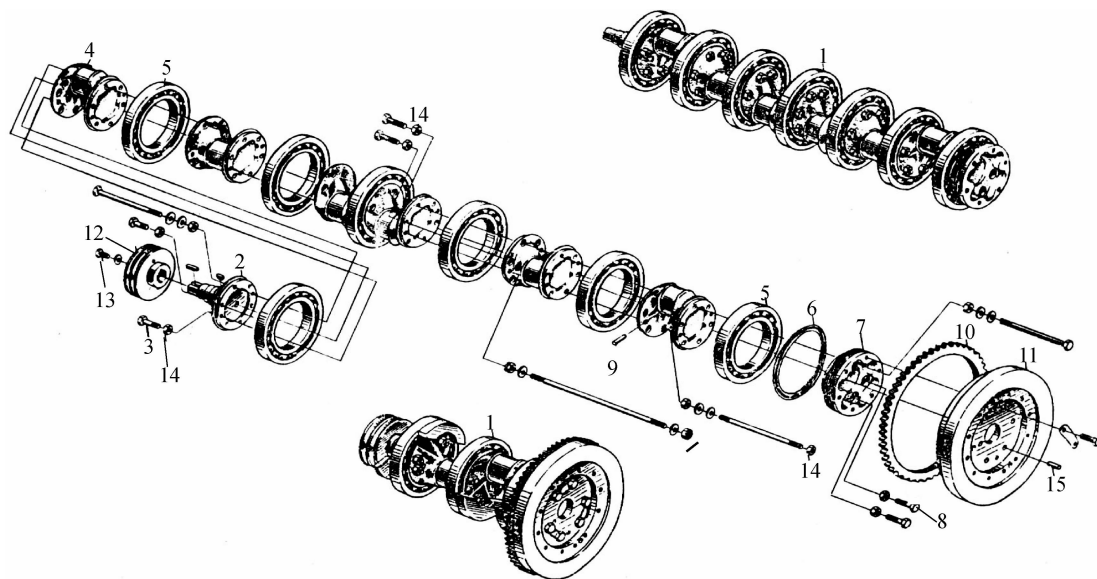


图 2-42 组合式曲轴结构图

1—曲轴装配部件；2—前端轴；3—连接螺钉；4—曲拐；5—4G7002136L 滚柱轴承；
6—甩油圈；7—曲轴凸缘；8—定位螺钉；9—油管；10—起动齿圈；11—飞轮；
12—皮带轮；13—压紧螺钉；14—镀铜螺母；15—定位销

2.6.2 扭转减振器

1. 扭转振动

发动机运转时,由于飞轮的惯性很大,可以近似认为是等速运转。而各缸气体压力和活塞往复运动的惯性力周期性地作用在曲轴连杆轴颈上,给曲轴一个周期性变化的扭转外力,使曲轴发生忽快忽慢的转动。于是可把飞轮看作相对静止件,曲轴的飞轮端看作固定端,前端看作自由端,在上述周期性外力的作用下,曲轴相对飞轮发生强迫扭转振动。同时,由于

曲轴的弹性及曲柄、平衡重、活塞连杆组等运动件质量的惯性,曲轴要发生自由扭转振动。曲轴上的这两种振动会发生共振,从而引起功率损失、曲轴扭转变形甚至扭断以及正时齿轮产生冲击噪声等不良现象。发生共振的转速称为临界转速。一般低速发动机不易达到临界转速,因而在曲轴上不加装扭转减振器。但曲轴刚度小,旋转质量大,缸数多及转速高的发动机,由于自振动频率低,强迫振动频率高,容易达到临界转速而发生强烈共振,因而应加装曲轴扭转减振器。扭转减振器的功用就是吸收曲轴扭转振动的能量,衰减扭转振动。

2. 扭转减振器的构造、工作原理

常用的扭转减振器有干摩擦式、橡胶式、粘液式(硅油)及橡胶—粘液式等。

如图 2-43 所示,在橡胶式扭转减振器中,减振器圆盘用螺栓与皮带轮 6 及皮带轮毂 2 紧固在一起,减振器圆盘和惯性盘 5 都与橡胶垫 4 硫化粘结在一起。当曲轴发生扭转振动时,减振器圆盘 3 就同频率振动,而惯性盘(相当于小飞轮)瞬时角速度均匀,所以两者之间产生角振动,共同的作用使橡胶垫的橡胶层发生内摩擦,从而消耗了扭转振动的能量,衰减了扭振。

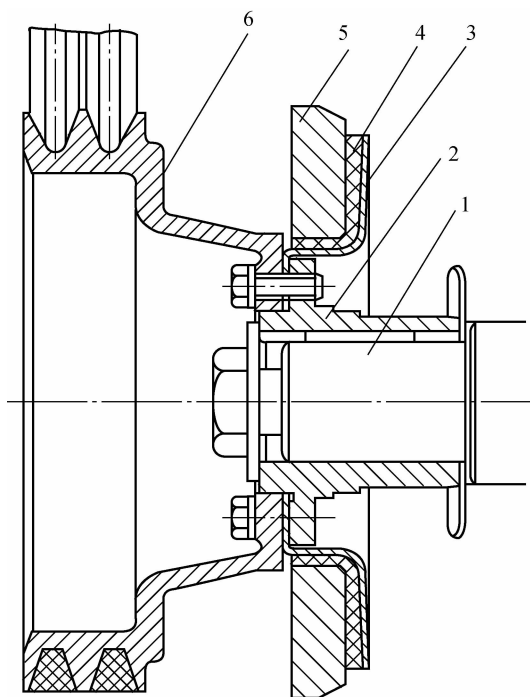


图 2-43 橡胶式扭转减振器

1—曲轴前端; 2—皮带轮毂; 3—减振器圆盘; 4—橡胶垫; 5—惯性盘; 6—皮带轮

2.6.3 飞轮

飞轮是一个转动惯量很大的金属圆盘,其主要功用是储存一部分作功行程的能量,以克服在其他行程中的阻力来完成发动机的工作循环,使曲轴的旋转角速度和输出转矩尽可能均匀,使发动机具有克服短时超负荷的能力。同时,将发动机的动力传递给离合器。在发动机的工作循环中只有作功行程产生动力,其他行程均消耗动力。即使多缸发动机间隔作功,对曲轴施加周期变化的扭转外力,造成曲轴运转忽快忽慢,缸数越少越明显。

飞轮用螺栓固定于曲轴后端凸缘或后端面(无凸缘者)上。为了在同样质量下增大转动惯量,飞轮的外缘做得较厚。飞轮外缘镶有齿圈,与起动机齿轮啮合。齿圈与飞轮有很大的

配合过盈量,是将齿圈加热进行镶配的。

飞轮上通常刻有第一缸上止点记号(有的刻在前端皮带轮上),多数刻有点火提前角刻度线(汽油机)或供油提前角刻度线(柴油机),以便调整和检验点火正时、供油提前角和气门间隙。

如图 2-44 所示为汽油机的第一、六缸上止点记号,当飞轮上的镀铬钢球与飞轮壳观察孔边缘上的刻线对正时,即表明此时一、六缸活塞正位于上止点。当飞轮上的刻线与飞轮壳观察孔边缘的刻线对正时,一、六缸活塞位于上止点前 12° ,可用于检查、调整其点火正时。

如图 2-45 所示为一种柴油机飞轮上的刻度记号,在外圆柱面上刻有一缸上止点记号和供油提前角刻度线。当飞轮上的刻度线 0 与窗口凸缘的边缘 A 对正时,一缸活塞正处于上止点位置;当飞轮上的刻度线 1.5 对正边缘 A 时,为一缸开始供油的位置。

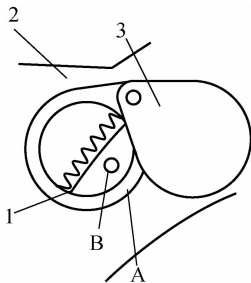


图 2-44 汽油机飞轮上第一、六缸上止点记号

1—飞轮; 2—飞轮壳; 3—观察孔盖

A—小飞轮壳上的刻度; B—飞轮上的标记(钢球)

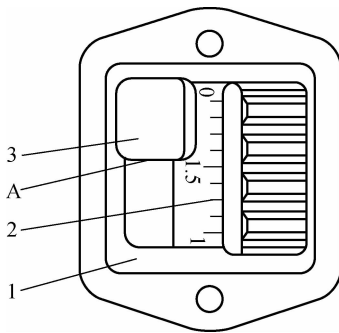


图 2-45 柴油机飞轮上的刻度记号

1—检查窗口; 2—飞轮上的刻线; 3—凸缘

A—凸缘边缘

飞轮与曲轴装配后应进行动平衡校验,为保证拆卸和装配时不破坏其平衡状态和确定位置的记号,飞轮和曲轴的装配都有周向定位装置,如固定螺孔采用不对称布置、两种不同直径的固定螺栓或定位销等。

2.7 曲轴飞轮组的检修

2.7.1 曲轴飞轮组的修理

曲轴飞轮组是发动机的重要组件,它将发动机的动力以转矩形式输出。曲轴本身结构形状复杂,沿长度方向各处断面尺寸差异很大,曲轴的抗弯强度低,连杆轴颈与曲柄臂交接处应力集中相当严重。在工作时,曲轴既要承受周期性不断变化的燃烧气体压力和活塞连杆组往复运动的惯性力,还要承受自身旋转运动的惯性离心力,以及这些力所形成的力矩的作用。如果曲轴的扭转刚度不够或动不平衡值超限,在高速运动时就会引起曲轴强烈的扭转共振。另外,曲轴各道轴颈表面要承受很大的单位压力,且有很高的滑动摩擦速度,摩擦副的散热条件也较差。上述工况可能导致曲轴的弯曲、扭转、断裂破坏和轴颈磨损。对曲轴进行适时的检验和及时的修理,可有效地提高发动机的性能和延长使用寿命。

曲轴检验分类时应注意:曲轴轴颈和连杆轴颈圆度误差大于 0.025 mm 或表面划伤时,应对其进行磨削修理;当轴颈的圆度、圆柱度误差小于 0.025 mm ,表面无其他类型的损伤,且圆跳动误差小于 0.15 mm 时,可直接使用,无需修磨;虽然两种轴颈圆柱度误差大于

0.025 mm或有其他类型的损伤,但圆跳动误差小于0.15 mm,可直接修磨并通过修磨校正变形;否则,必须先进行校正至小于0.15 mm才能进行修磨。

某些进口发动机采用软氮化工艺强化的曲轴,表面硬度为HRC64~HRC67,不仅具有很好的耐磨性,还具有极好的抗粘着、抗擦伤性能,而且疲劳强度可提高60%左右,强化层的深度可达0.20 mm。因此,这种曲轴(俗称一次性曲轴)检验时,用有机溶剂洗净表面的油污,再喷洒5%~10%的氯化铜溶液,待30~40 s后,若不改变颜色可继续使用(轴颈的圆度误差必须在公差范围内)。若溶液由浅蓝色变为透明,轴颈表面变为铜色,说明强化层已磨损耗尽,则应更换新曲轴。在使用维修过程中,应注意此种曲轴的轴承间隙一般不得大于0.08 mm,使用极限间隙不得大于0.12 mm。

1. 曲轴轴颈修理尺寸的确定

曲轴连杆轴颈和主轴颈的修理尺寸,柴油机可达六级,汽油机一般为四级。相邻两级修理尺寸的级差以0.25 mm递减,并在数值前加“—”作为其代号。

现在曲轴的修理尺寸等级比以前有所减少,具体修理尺寸应根据发动机的设计要求决定。在保证磨削质量的前提下,应尽可能选择最接近的修理尺寸级别,以延长曲轴的使用寿命。曲轴的连杆轴颈和主轴颈应分别磨削成同一级别的修理尺寸,以便于选配轴承,保证合理的配合间隙。

2. 曲轴磨削定位基准的选择

磨削曲轴时,曲轴后端装卡在主轴端,前端装卡在尾架端。主轴端以曲轴凸缘上的变速器第一轴轴承承孔作基准,用专用顶尖、拨盘装卡。尾架端用三爪卡盘卡紧在曲轴正时齿轮轴颈上,以该轴颈为基准,但必须限制卡紧长度不得大于10 mm,如图2-46所示,以减小夹紧造成的弯矩。也就是说,修磨曲轴时,以变速器第一轴轴承承孔与曲轴正时齿轮轴颈的公共轴线作为基准。实践证明,以此基准磨削后的曲轴,其直线度误差可全部控制在0.02 mm以内。

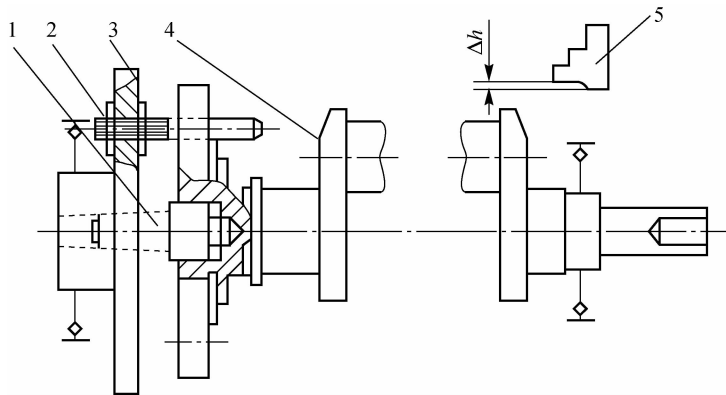


图 2-46 磨削曲轴装卡图

1—定位轴; 2—拨销; 3—拨盘; 4—曲轴; 5—改型三爪盘

3. 飞轮的修理

1) 更换齿圈

飞轮齿圈有断齿或齿端冲击耗损,与起动机齿轮啮合困难时应更换齿圈或飞轮组件。齿圈与飞轮配合过盈量为0.30~0.60 mm,更换时先将齿圈加热至623~673 K,进行热压配合。

2)修整飞轮工作平面

飞轮工作平面有严重烧灼或磨损沟槽深度大于 0.50 mm 时,应进行修整。修整后,工作平面的平面度误差不得大于 0.10 mm;飞轮厚度极限减薄量为 1 mm;与曲轴装配后的端面圆跳动误差不得大于 0.15 mm。

3)曲轴、飞轮、离合器总成组装后进行动平衡试验

曲轴、飞轮、离合器组件动不平衡量应不大于原厂规定。组件的动不平衡量过大,会降低组件共振临界转速。若共振临界转速降至发动机经济转速内,曲轴就会长期在共振条件下工作,造成曲轴早期疲劳断裂和发动机机体损伤。因此,更换飞轮、齿圈、离合器压盘或总成之后,都应重新进行组件的动平衡试验。

4. 曲轴扭转减振器的检查

现代发动机曲轴的前端多数都有扭转减振器,用于减小曲轴的共振倾向和平衡曲轴前、后两端的振动,降低曲轴的疲劳应力。目前普遍使用的是橡胶式扭转减振器。在检查扭转减振器时,若发现内环(轮毂)与外环(风扇皮带或平衡盘)之间的橡胶层脱层,内、外环出现相对转动,两者的装配记号(刻线)相错,说明扭转减振器已丧失了工作能力,必须更换。

5. 飞轮壳的检修

飞轮壳的主要损坏形式一是变形,二是共振裂纹。由于维修中往往忽视曲轴飞轮组件和离合器的平衡性能,降低了共振临界转速,飞轮壳便长时间在共振条件下工作,这不但引起飞轮壳的变形,而且往往在飞轮壳脊部造成共振断裂。飞轮壳变形破坏了变速器第一轴与曲轴的同轴度,会加剧相关总成的振动和磨损,引起变速器连接松动、早期自动脱挡等故障。

某发动机飞轮壳的形位公差如图 2-47 所示。修理时,先把飞轮壳组装在缸体上,再以曲轴轴承(或承孔)的公共轴线为基准,对飞轮壳后部安装变速器的承孔扩孔后镶套或刷镀,恢复原尺寸,同时铲削或修磨后端面。

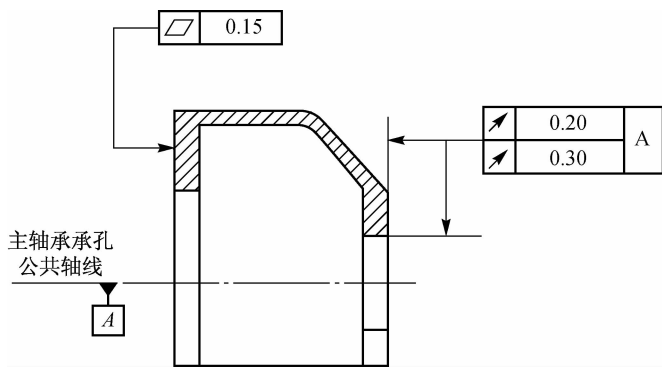


图 2-47 某发动机飞轮壳的形位公差

2.7.2 曲轴轴承的选配

为适应高速、重载、高自锁性能的要求,达到便于大批量生产和降低成本的目的,现代发动机的主轴承和连杆轴承普遍采用薄型多层合金(3~5 层)的滑动轴承,从而改善了轴承与承孔的贴合能力,提高了轴承的抗疲劳强度。表面镀层使轴承具有良好的抗咬性、顺应性、嵌藏性和亲油性等表面性能。现代发动机曲轴轴承均为直接选配,不允许用刮削法修配曲轴轴承。

另外,曲轴轴承在结构设计上预留了高出量(压缩量),确保轴承与承孔的配合过盈,使钢背与承孔产生足够的摩擦力而锁死轴承自身,防止工作中轴承转动而烧瓦。因此,曲轴轴承上已不再允许加垫片了。

曲轴轴承结构设计上的另一特点是轴承上预留了一定的自由弹开量(扩张量),确保轴承压缩后均匀地向外扩张,而不收缩泔口,从而防止了从瓦口处烧瓦。

综上所述,直接选配、不刮瓦、不加垫片就是现代曲轴轴承的修理特点。

1. 轴承的耗损

轴承的损坏形式有磨损、合金疲劳剥落、轴承疲劳收缩及粘着咬死等。轴承的径向间隙超限后,因轴承对润滑油流动阻尼能力减弱,使主油道压力降低,可能破坏轴承的正常润滑。加之引起的冲击载荷,又造成轴承疲劳应力剧增,使轴承疲劳而导致粘着咬死,发动机丧失工作能力。因此,若发现轴瓦异响,应立即停机检修。二级维护时,必须检查轴承间隙,发现轴承间隙超时,立即更换轴承。若因曲轴异常磨损造成上述故障,就应进行修磨或校正曲轴。发动机总成修理时,应更换全部轴承。

2. 轴承的选配

轴承的选配包括选择合适内径的轴承以及检验轴承的高出量、自由弹开量、横向装配标记、凸唇、轴承钢背表面质量等内容。

1) 选择轴承内径

根据曲轴轴颈的直径和规定的轴承径向间隙选择合适内径的轴承。现代发动机曲轴轴承制造时,根据选配的需要,其内径直径已制成一个尺寸系列,每种型号的发动机有多种不同内径的轴承供选用。

2) 检验轴承钢背质量

要求钢背光整无损,横向定位凸唇完好。

3) 检验轴承弹开量

轴承弹开量:柴油机一般为 $1.5\sim 2.5\text{ mm}$,汽油机一般为 $0.8\sim 1.5\text{ mm}$ 。如图2-48(a)所示,把轴承装入承孔,按原厂规定的紧固力矩拧紧两侧的紧固螺栓。然后,完全松开一侧的紧固螺栓,再用厚薄规检查轴承承孔剖分面的间隙,此间隙就是轴承的高出量,如图2-48(b)所示。若轴承高出量过小,轴承装配后与承孔的过盈不足,自锁能力弱,在工作中容易产生转动而引起烧瓦;高出量过大,装配后轴承局部可能翘起,在冲击载荷下,合金层不但容易疲劳剥落,加速轴承疲劳泔口,引起烧瓦,还可能造成承孔穴蚀,也同样破坏轴承的自锁性能。

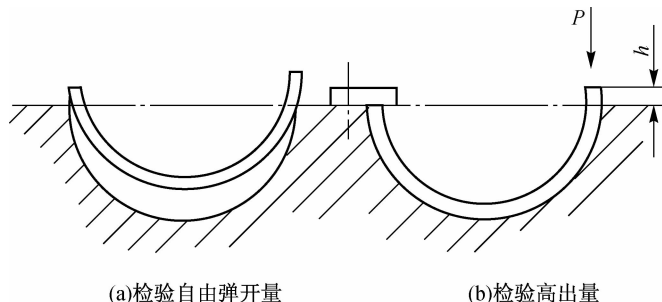


图 2-48 轴承的检验

4) 装配轴承

装配轴承是个非常重要的修理工艺过程,它将影响整个发动机的运转情况。将选好的轴承嵌入轴承承孔及盖内,轴瓦应与承孔及盖密合,凸口应与承孔及盖的凹槽相嵌合,以及轴承上的油孔应与承孔座上的油道相通。轴承嵌入承孔后,其两端边缘应高出承孔平面相应的高出量,以使装合后能得到更好的密合。

3. 轴承间隙的检查

曲轴轴承间隙是指曲轴的径向和轴向间隙。这两种间隙都是为了适应发动机在运转中机件受热膨胀的需要而规定的。

1) 曲轴轴承的径向间隙检查

轴承与轴颈之间的间隙,称为轴承的径向间隙。检查的方法有以下几种:

(1)将轴承盖螺栓按规定顺序及力矩拧紧后,用适当的力矩(四道轴承的用 $30\sim 40\text{ N}\cdot\text{m}$,七道轴承的用 $60\sim 70\text{ N}\cdot\text{m}$)转动曲轴,以试其松紧度;或用双手扭动曲轴臂使曲轴转动,试其松紧,这是最简单的方法,但须有一定的经验。

(2)用内径千分尺和外径千分尺分别测量轴颈的内径和轴承的外径,测得的这两个尺寸之差,就是它们之间的间隙。一般径向间隙为 $0.02\sim 0.05\text{ mm}$ 。

(3)用塑胶量规测量检查,剪取与轴承宽度相同的塑胶量规,与轴颈平行放置,盖上轴承盖并按规定力矩拧紧螺栓(注意不要转动曲轴)。拆下螺栓,取下轴承盖,使用塑胶量规袋上的量尺,对比测量被压扁的塑胶最宽点的宽度,换算成径向间隙值(注意,测量后应立即彻底清洁塑胶间隙量尺)。如果其值不在规定的范围,就要更换轴承。

2) 曲轴轴承的轴向间隙检查

曲轴轴承的轴向间隙是指轴承承推端面与轴颈定位肩之间的间隙。间隙过小,机件会因受热膨胀而卡滞。间隙过大,曲轴前后窜动,则给活塞连杆组带来不正常的磨损。因此,在装配曲轴轴承时,应进行曲轴轴承轴向各间隙的检查。检查时,先将曲轴定位轴肩向轴承的承推端面的一边靠合,用撬棒将曲轴挤向后端,然后用厚薄规在曲轴臂与止推轴承或止推垫圈之间测量,如图 2-49 所示。曲轴轴向间隙一般为 $0.05\sim 0.20\text{ mm}$ 。若轴向间隙过大或过小,则应更换或修整止推轴承或止推垫圈。

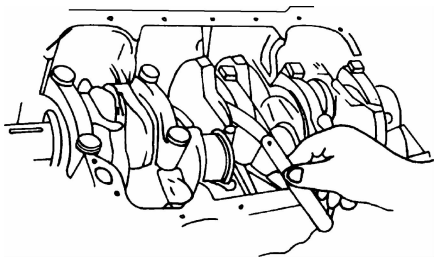


图 2-49 测量曲轴轴承的轴向间隙

2.8 曲柄连杆机构常见故障诊断与排除

曲柄连杆机构的故障属于机械类故障,此类故障大多数表现为异响。异响的判断是根据异响的产生部位、声响特征、出现时机、变化规律以及尾气排放的烟色、烟量等情况,并借

助诊断仪器来找出产生故障的部位及原因。

2.8.1 曲轴主轴承响

1. 现象

(1) 发动机转速突然变化时,发出低沉连续“铿锵”的金属敲击声,严重时发动机机体发生振动。

(2) 响声随发动机转速提高而增大,随负荷的增大而增大,产生响声的部位在汽缸的下部。

(3) 单缸“断火”时,响声无明显变化,相邻两缸“断火”时,响声会明显减弱。

(4) 观察机油压力表,机油压力明显降低。

2. 原因

(1) 轴承与轴颈磨损而导致配合间隙过大。

(2) 主轴承盖螺栓松动。

(3) 主轴承与座孔配合松动。

(4) 轴承润滑不良,使曲轴主轴承合金层烧蚀、脱落。

3. 故障诊断与排除

(1) 在汽缸体下部用诊断仪器听诊或在机油加油口处听察,并反复改变发动机转速,突然加速或减速,若有明显的沉重响声,则是主轴承响。

(2) 发动机在正常工作温度情况下,当转速由低速加速到中速,出现有节奏而沉重的响声,发动机温度越高响声越明显。

(3) 单缸“断火”时,响声无变化,而相邻两缸“断火”时,响声会明显减弱。

(4) 若主轴承盖螺栓松动,可按规定的拧紧力矩拧紧;若主轴承磨损致使与轴颈的配合间隙过大或主轴承表面合金层烧蚀脱落,可更换同一修理尺寸的主轴承;当主轴颈磨损时,应修磨主轴颈并配以相应修理级别的主轴承。

2.8.2 连杆轴承响

1. 现象

(1) 汽车在突然加速时,有明显连续“铛铛”敲击声。

(2) 响声在怠速时较小,中速时较为明显,发动机温度升高后,响声无变化。

(3) 单缸“断火”后,响声明显减弱或消失。

2. 原因

(1) 连杆轴承盖螺栓松动。

(2) 连杆轴承与轴颈磨损过大,致使径向间隙过大。

(3) 轴承润滑不良,造成连杆轴承合金层烧蚀、脱落。

(4) 连杆轴承与座孔配合松动。

3. 故障诊断与排除

(1) 在机油加油口处听诊,发动机由低速加速升高时,其响声增大。

(2) 单缸“断火”发出明显连续的敲击声。当发动机温度升高时响声减弱或消失,复火时

响声恢复,这是由连杆轴承间隙过大或连杆轴承合金层脱落造成的。

(3)观察机油压力是否过低。

(4)若连杆轴承盖螺栓松动,按规定的拧紧力矩拧紧;如果连杆轴承磨损而使得与轴颈的配合间隙过大或连杆轴承表面合金层烧蚀、脱落,可更换同一修理尺寸的连杆轴承;当连杆轴颈磨损或圆度误差过大时,应修磨连杆轴颈并配以相应修理级别的连杆轴承。

2.8.3 活塞敲缸

1. 现象

(1)发动机怠速时,在汽缸的上部发出清晰的“嗒嗒嗒”敲击声。

(2)冷车时响声明显,热车时响声减弱或消失。

(3)该缸“断火”后,响声减弱或消失。

2. 原因

(1)活塞与汽缸壁的间隙过大,活塞在汽缸内摆动,导致撞击汽缸壁而发出响声。

(2)活塞销与连杆衬套装配过紧。

(3)活塞顶碰到汽缸衬垫。

(4)连杆变形。

3. 故障诊断与排除

(1)用听诊器在汽缸体上部听诊,声响明显。

(2)在冷车时响声明显,热车时减弱或消失。

(3)该缸“断火”后,响声减弱或消失。

(4)为进一步证明某缸敲缸,可向怀疑发响的汽缸内注入少量机油,使机油附于汽缸壁和活塞之间,再起动发动机察听,若敲击声减轻或消失,但运转短时间后又出现,则判断是该缸活塞敲缸响,这是由活塞与汽缸壁间隙过大所致。

(5)如果是连杆变形或连杆衬套与活塞销装配过紧而产生的响声,应重新校正连杆或修刮连杆衬套;当活塞与汽缸壁的配合间隙过大时,若因活塞磨损过大而产生异响,可更换同一修理级别的新活塞;若因汽缸磨损过大而产生异响时,则应镗磨汽缸,并配以相应修理级别的活塞。

2.8.4 活塞销响

1. 现象

(1)怠速和中速时响声比较明显、清脆,为有节奏的“嗒、嗒”声。

(2)发动机转速变化时,响声周期性变化。

(3)发动机温度升高后,响声不减弱。

(4)该缸“断火”后,响声减弱或消失;恢复该缸工作时的瞬间,会出现明显的响声或连续响声。

2. 原因

(1)活塞销与连杆小端衬套配合松旷。

(2)活塞销与活塞销座孔配合松旷。

3. 故障诊断与排除

- (1) 当发动机转速变化时,将听诊器触及汽缸体上部,可听出清脆连续的响声。
- (2) 该缸“断火”后,响声减弱或消失;在复火瞬间,响声会敏感地突然恢复并出现。
- (3) 若活塞销与连杆小端衬套配合间隙过大,应更换新的活塞销和连杆衬套后重新校正;若活塞销与活塞销座孔配合松旷,应更换新的活塞销和活塞。

本章小结

本章重点讲述了发动机曲柄连杆机构的组成、各主要零部件的构造、检修和装配连接关系以及故障诊断等。通过学习,应使学生能正确理解零件的功用、结构、工作原理等;能正确叙述曲柄连杆机构主要机件的受力情况、工作原理以及曲柄连杆机构的装配要求与调整方法。能正确进行易损零件检测、修理或更换;会进行曲柄连杆机构的装配与调整;能对曲柄连杆机构常见故障进行分析、判断并能排除故障。

习 题 2

- 2-1 曲柄连杆机构的组成及功用是什么?
- 2-2 曲柄连杆机构在工作中承受哪些作用力? 试进行受力分析。
- 2-3 活塞连杆组由哪些主要机件组成?
- 2-4 如何确定汽缸的修理尺寸?
- 2-5 如何检验汽缸的磨损?
- 2-6 为什么在发动机汽缸中要镶汽缸套? 干式缸套与湿式缸套有何区别?
- 2-7 简述气环的密封原理。
- 2-8 如何检验和校正连杆的弯曲度和扭曲度?
- 2-9 简述活塞连杆组的组装工艺。
- 2-10 为什么曲轴上要有平衡重? 高速发动机的平衡轴是如何实现曲轴平衡的?
- 2-11 曲柄连杆机构的常见故障有哪些? 简述故障的现象、原因以及诊断与排除方法。