

项目一 发动机基本概念

一、发动机基本术语

发动机基本术语如图 1-1-1 所示。

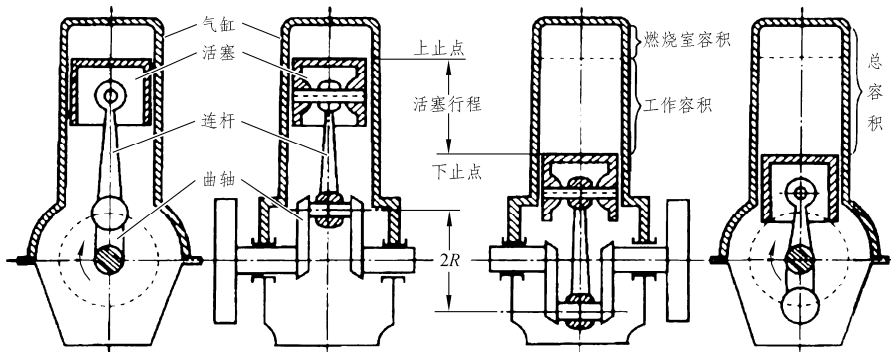


图 1-1-1 发动机基本术语

活塞行程是指上、下止点间的距离，用 s 表示，单位为毫米。活塞每次由一个止点运动到另一个止点的过程，称为一个行程（冲程）。四冲程发动机的曲轴每旋转 180° 则完成一个行程，即 $s=2R$ 。

气缸工作容积是指活塞从一个止点到另一个止点所扫过的容积，用 V_h 表示，单位为升（L）， V_c 为燃烧室容积。

气缸总容积是指活塞位于下止点时，活塞顶上方的气缸空间容积，用 V_a 表示，单位为升（L）。

$$V_a = V_h + V_c$$

发动机排量是指发动机所有气缸工作容积之和，用 V_L 表示，单位为升（L）。对于多缸发动机

$$V_L = iV_h$$

式中 i ——发动机气缸数；

V_h ——气缸工作容积。

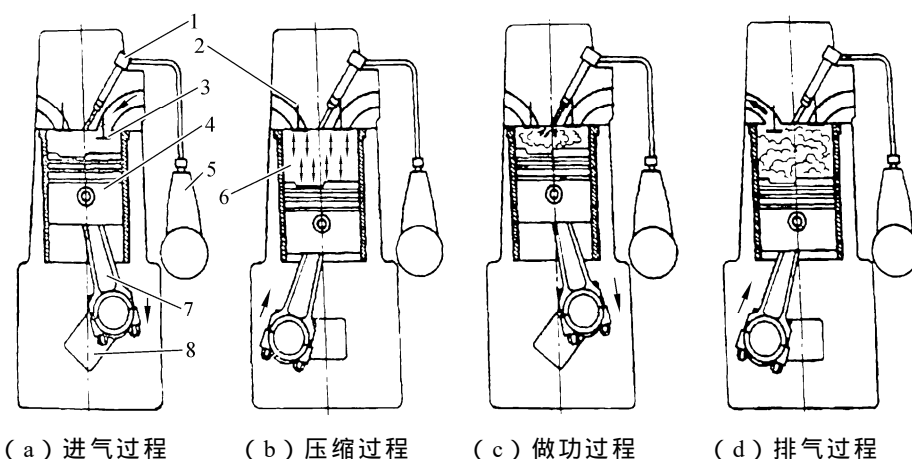
压缩比是发动机中一个非常重要的参数，是指气缸总容积与燃烧室容积之比，用 ε 表示。

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

压缩比用来衡量空气或混合气被压缩的程度，影响发动机的热效率。压缩比越大，压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高，发动机功率就越大。一般汽油发动机压缩比为 6~10，柴油发动机压缩比较高，为 16~22。

发动机每连续完成进气、压缩、做功和排气 4 个工作过程，称为一个工作循环。四冲程发动机曲轴需旋转 2 圈（720°）才能完成一个工作循环（见图 1-1-2）；二冲程发动机曲轴只需旋转 1 圈（360°）就能完成一个工作循环（见图 1-1-3）。

二冲程汽油发动机与四冲程汽油发动机在结构上的主要区别是没有进、排气门，取而代之的是进气孔、排气孔和换气孔。二冲程发动机是指曲轴旋转 1 圈（360°），活塞往复运动 2 次完成一个工作循环的发动机，其工作循环仍包括进气、压缩、做功、排气 4 个过程。



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

图 1-1-2 单缸四冲程柴油机工作过程

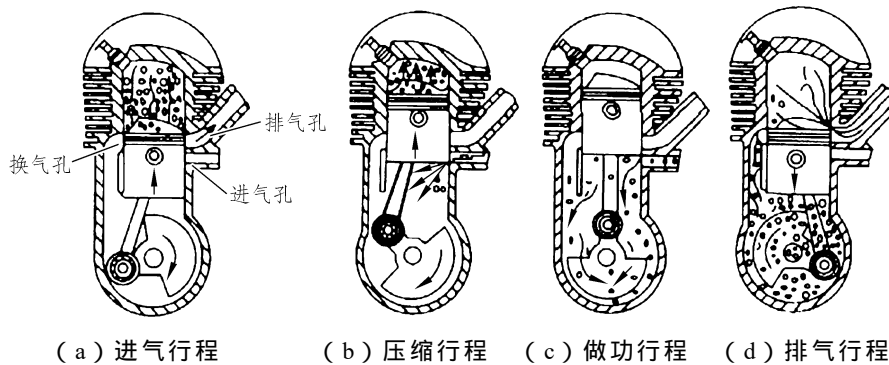


图 1-1-3 单缸二冲程汽油发动机工作原理

二、汽油发动机和柴油发动机特点比较

1. 不同点 (见表 1-1-1)

表 1-1-1 汽油发动机与柴油发动机特点比较

比较项目	汽油发动机	柴油发动机
燃 料	汽油	柴油
混合气形成	多为缸外	缸内
点火方式	点燃式	压燃式
热效率	30%左右	40%左右
燃油消耗率	大	小
转 速	高	低
工作平稳性	柔和	粗暴
启动性	易	难
排 放	CO、CH 多, NO _x 、黑烟少	CO、CH 少, NO _x 、黑烟多
结 构	紧凑	欠紧凑
制造成本	低	高
维修费用	低	高
使用寿命	短	长

2. 相同点

(1) 两种发动机每完成一个工作循环, 曲轴均旋转 2 圈 (720°),

每个行程均旋转 $1/2$ 圈 (180°); 各行程中, 两种发动机同一行程的进、排气门开启和关闭情况相同。

(2) 两种发动机在 4 个工作行程中只有做功行程产生动力, 其余 3 个行程均为做功行程做准备, 都得消耗一定能量。

(3) 两种发动机在停机状态下, 都必须靠外力 (启动机) 启动后方能进入自行运转。

项目二 技能实训

实训一 配气机构的认识

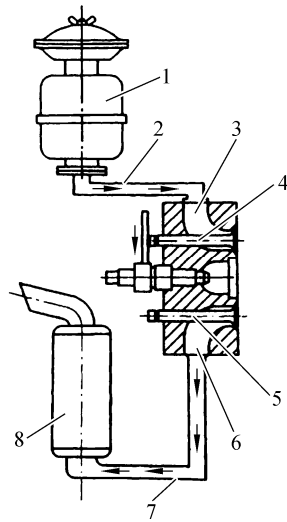
一、实训目的

配气机构零部件的认识。

二、理论知识

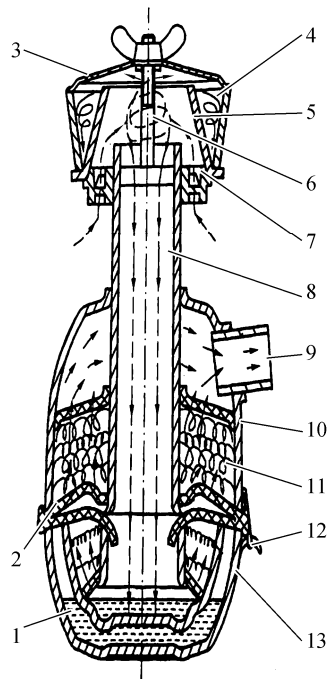
1. 进、排气系统简介

进、排气系统(见图 2-1-1)的作用是向气缸内引入过滤的清洁空气,排除燃烧后的废气,并降低排气噪声,进排气系统主要由空气滤清器(见图 2-1-2)、进气管、进气道、进气门、排气门、排气管、消音器、排气道等组成。



1—空气滤清器; 2—进气管; 3—进气道; 4—进气门; 5—排气门;
6—排气道; 7—排气管; 8—排气消声器。

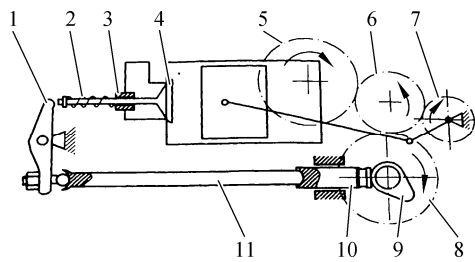
图 2-1-1 进、排气系统



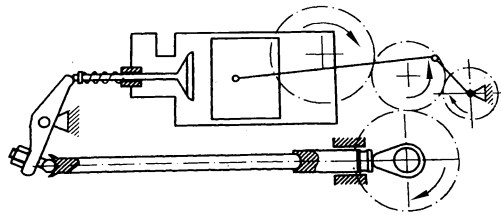
1—油盆；2—密封胶圈；3—粗滤器盖；4—粗滤器；5—积尘盆；6—支架螺杆；
7—粗滤器叶片；8—吸气管；9—出气管；10—外壳；
11—精滤器；12—搭扣；13—预滤器。

图 2-1-2 三级过滤式空气滤清器结构简图

配气机构的功用是按照柴油机工作循环的需要，定时开启和关闭进、排气门，以便柴油机进行进气、压缩、做功和排气等工作过程，如图 2-1-3 所示。它由气门组及气门传动组组成，如图 2-1-4 所示。



(a) 气门关闭



(b) 气门开启

- 1—气门摇臂；2—气门弹簧；3—气门导管；4—气门；5—起动齿轮；6—中间齿轮；
7—曲轴正时齿轮；8—凸轮轴正时齿轮；9—凸轮轴；
10—挺柱；11—推杆。

图 2-1-3 配气机构工作示意图

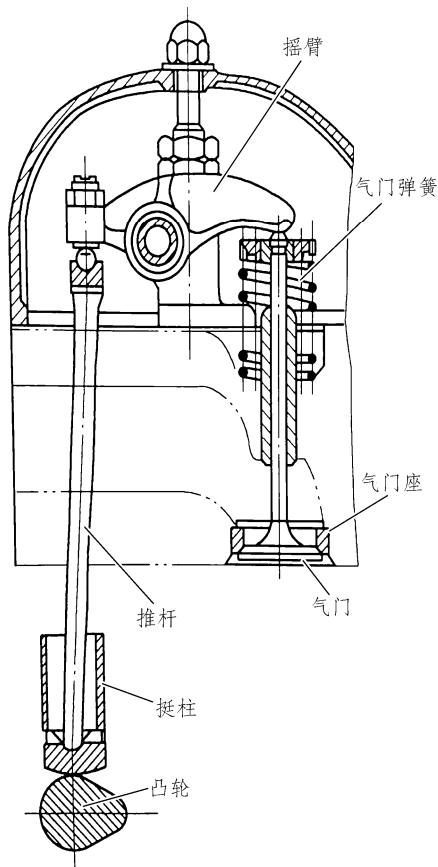


图 2-1-4 配气机构气门组及气门传动组

气门组件由气门、气门座、气门导管、油封、气门弹簧、气门弹簧座、气门锁片等零部件组成，如图 2-1-5 所示。气门组件使新鲜气体通过进气门进入气缸，使废气通过排气门排出气缸，保证气门头部与气门座紧密接触。

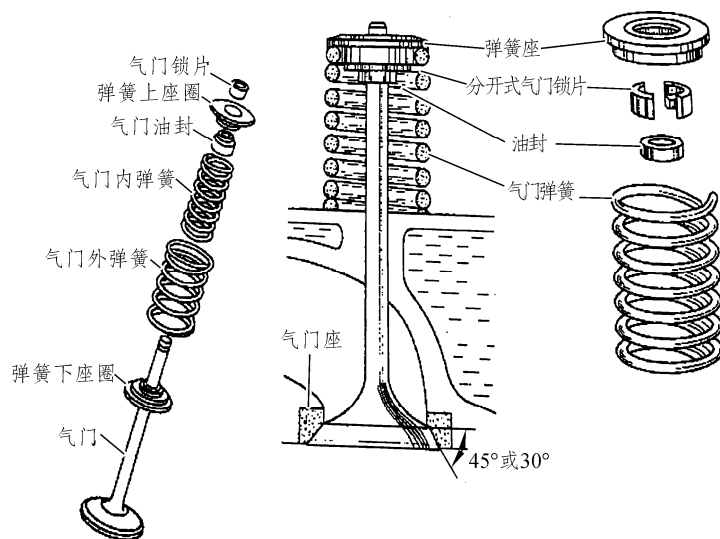


图 2-1-5 气门组件

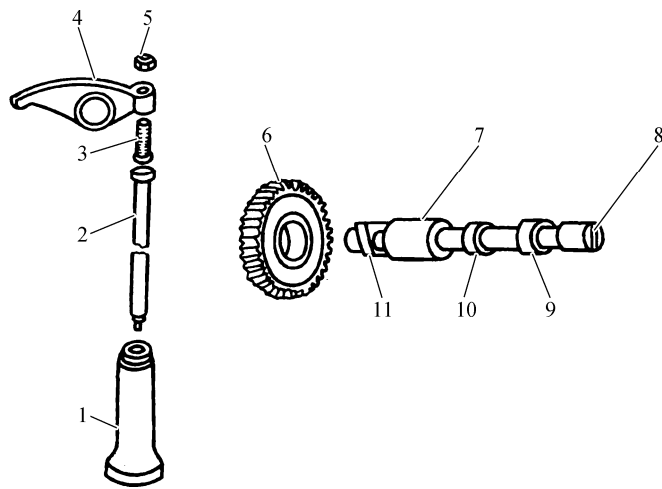
气门传动组按传动方式可分为带传动驱动、链传动驱动和齿轮传动驱动。

气门传动组按凸轮轴位置可分为凸轮轴上置式气门驱动机构、凸轮轴中置式气门驱动机构、凸轮轴下置式气门驱动机构。

气门传动组按凸轮轴驱动方式可分为凸轮轴直接驱动、凸轮轴间接驱动。

气门传动组主要零部件有正时带轮（齿轮、链轮）、正时皮带（链条、齿轮）、凸轮轴、凸轮轴轴承、挺柱、推杆、摇臂组件等，如图 2-1-6 所示。

目前，在柴油机上广泛采用了如图 2-1-7 所示的液压挺柱气门传动组件。



1—挺柱；2—推杆；3—调整螺钉；4—摇臂；5—锁紧螺母；6—正时齿轮；
7—凸轮轴；8—驱动槽；9—排气凸轮；10—进气凸轮；
11—喷油泵凸轮。

图 2-1-6 气门传动组

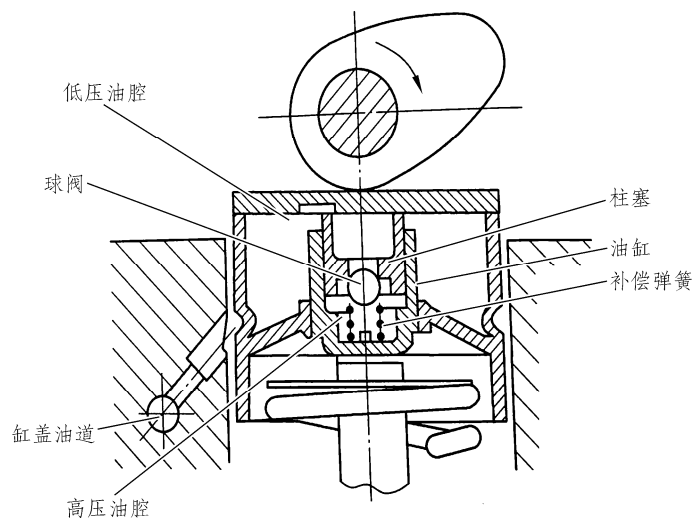


图 2-1-7 液力挺柱结构

2. 配气相位

发动机的进气门、排气门都要提前打开，推迟关闭，它们的实际开闭时刻称为配气相位。它通常用相对于上、下止点曲拐位置的曲轴转角

的环形图来表示，如图 2-1-8 所示。配气相位参数值见表 2-1-1。

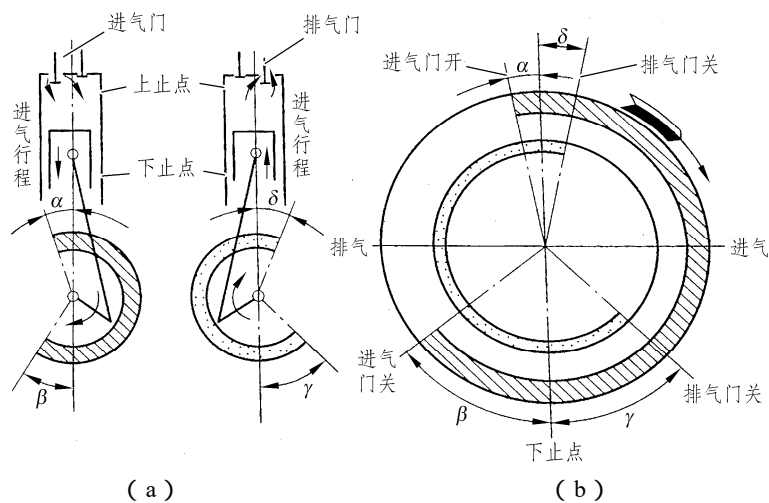


图 2-1-8 配气相位图

表 2-1-1 配气相位参数值

配气相位名称	配气相位角度/(°)
α	10 ~ 30
β	40 ~ 80
γ	40 ~ 80
δ	10 ~ 30

三、实践操作

(1) 解体柴油发动机，打开气缸盖罩，拆开气缸盖，用气门拆装专用工具取下气门弹簧锁片，取出气门，认识各部分结构，理解气门工作原理。

(2) 结合实物，认识气门组部件和气门传动组部件。

(3) 气门间隙的测量与调整。

练习题

1. 选择题

(1) 活塞在排气上止点时，那个气门是打开的()。

- A. 进气门 B. 排气门 C. 进排气门 D. 无

(2) 柴油发动机的气门间隙，在使用过程中会发生变化，要定期进行检查调整，在两次调整法中，在 1 缸处于压缩上止点时完成部分气门调整之后，将曲轴转动()之后，再进行其他气门的调整。

- A. 180° B. 270° C. 360° D. 90°

(3) 在一缸处于压缩上止点时，可以调整的气门是()。

- A. 1, 2, 3, 6 B. 1, 2, 3, 5
C. 2, 3, 4, 6 D. 2, 5, 6, 8

2. 判断题

(1) 进气门开启的曲轴转动角度大于 180° ，排气门开启的曲轴转动角度小于 180° 。 ()

(2) 气门间隙不能太大，越小越好，尽量趋近于零。 ()

(3) 配气机构由气门组和气门传动组构成，由凸轮轴驱动。()

(4) 上置式凸轮轴凸轮直接作用到气门上或采用液压挺柱，就不存在气门间隙。 ()

(5) 齿轮传动的配气凸轮轴，传动比为 1。 ()

(6) 气门弹簧为了避免在工作时发生共振，一般采用不规则的弹簧。 ()

(7) 液压挺柱是一个弹性元件，它的使用，明显减小了发动机的噪声。 ()

实训二 曲柄连杆机构的认识

一、实训目的

直观认识曲柄连杆机构各部件，掌握其工作原理。

二、理论知识

曲柄连杆机构是往复式活塞式发动机实现能量转换的主要机构，其作用如下：

- (1) 将活塞的往复运动变为曲轴的旋转运动。
- (2) 把燃气作用在活塞顶上的力转变为曲轴的转矩，以向工作机械输出机械能。

如图 2-2-1 所示，曲柄连杆机构由 3 部分组成：机体组（见图 2-2-2）主要包括气缸体、曲轴箱、气缸盖、气缸套及气缸垫等不动件；活塞连杆组主要包括活塞、活塞环、活塞销及连杆等运动件；曲轴飞轮组主要包括曲轴、飞轮等机件。

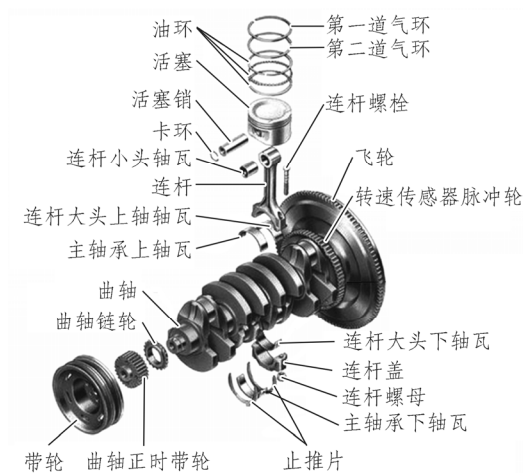
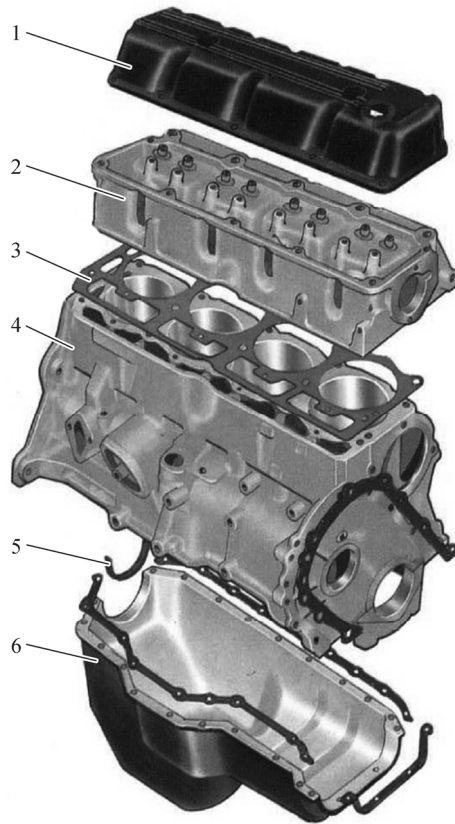


图 2-2-1 发动机曲柄连杆机构的组成

1. 机体组

机体组是发动机的骨架，其结构如图 2-2-2 所示。



1—气门室罩；2—气缸盖总成；3—气缸垫；
4—气缸体总成（其下部与油底壳组成曲轴箱）；5—油底壳油封。

图 2-2-2 机体组

2. 活塞连杆组

活塞连杆组件如图 2-2-3 所示。

活塞的作用：

- (1) 承受燃烧时产生的气体压力，并通过活塞销传给连杆，推动曲轴旋转。
- (2) 将燃烧产生的热量通过活塞环传到气缸壁。
- (3) 活塞顶部与气缸盖、气缸壁共同组成燃烧室，并与活塞环一起

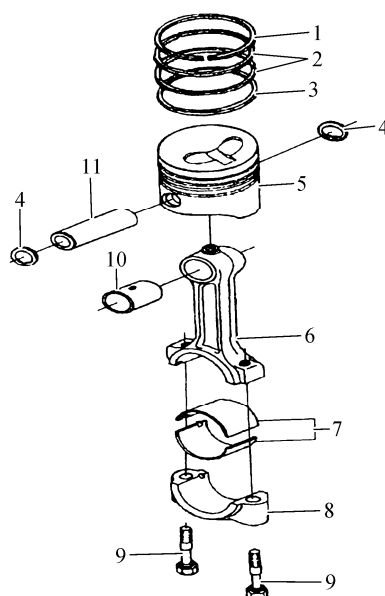
将燃烧室内的气体在运动中相对曲轴箱密封。

活塞在气缸内做高速往复运动，承受周期性变化的气体压力和惯性力，它的顶部直接与高温燃气接触，加之润滑不良、散热困难，活塞的工作条件十分恶劣。这就要求活塞必须具有足够的刚度和强度，质量尽可能小，导热性能好，并有良好的耐磨性和热稳定性。

活塞与气缸的密封可能出现两类问题：窜气和窜油。

窜气是指燃烧气体通过活塞与气缸的间隙泄漏至曲轴箱，这将导致功率损失。窜油指润滑油上行至燃烧室，造成烧机油，影响发动机性能，因此活塞环必须具有以下功能：

- (1) 向下将燃烧室与曲轴箱隔离密封，以阻止空气和燃烧气体互窜。
- (2) 将活塞的一部分热量传递到气缸上冷却。
- (3) 刮除多余的机油，并将它送回油底壳。



1—第一道气环；2—第二、三道气环；3—油环；4—挡圈；5—活塞；6—连杆；
7—连杆轴瓦；8—连杆盖；9—连杆螺钉；
10—连杆衬套；11—活塞销。

图 2-2-3 活塞连杆组

活塞销的作用：

- (1) 连接活塞和连杆小头。

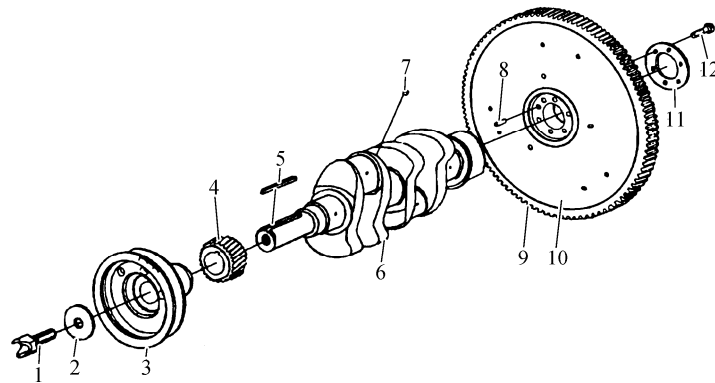
(2) 将活塞承受的气体作用力传给连杆。

活塞销工作时承受很大的周期性冲击载荷，且在高温下工作，润滑条件差，因而要求活塞销要有足够的刚度和强度，表面耐磨，质量小。

活塞销一般采用低碳钢或低碳合金钢制成，经表面渗碳淬火后再精磨加工而成。

3. 曲轴飞轮组

曲轴飞轮组如图 2-2-4 所示。



1—起动爪；2—起动爪垫片；3—曲轴皮带轮；4—正时齿轮；5—键；
6—曲轴；7—螺塞；8—销；9—飞轮齿圈；10—飞轮；
11—飞轮螺栓垫板；12—飞轮螺栓。

图 2-2-4 曲轴飞轮组

曲轴的作用：

- (1) 将活塞的直线运动转化为旋转运动。
- (2) 将连杆产生的扭转力转换为转矩。
- (3) 将转矩传递到离合器或液力变矩器上。
- (4) 驱动配气机构、点火分电器、机油泵、冷却液泵、转向泵、发电机和其他附属总成。

整体式曲轴的基本构造如图 2-2-5 所示，它主要包括以下结构：

- (1) 用于将曲轴支撑在曲轴箱内的主轴颈。
- (2) 用于安装连杆轴承的连杆轴颈。
- (3) 连接连杆轴颈和主轴颈的曲柄臂。
- (4) 用于安装正时齿轮（或正时带轮、正时链轮）、传动带轮的前