

绪 论

一、实现园艺机械化的前景

园艺生产是农业生产的重要组成部分。人们在日常生活中，除了需要粮食以外，还需要大量的蔬菜和水果。特别是随着社会、经济的发展和人民生活水平的提高，人们对园艺产品的要求越来越高，希望能经常吃到各种新鲜而具有不同风味的蔬菜、水果。除了食用果蔬，人们还希望有一个优美的生活环境，如在家中插上几束赏心悦目的鲜花，摆上几盆千姿百态的盆景；在房前屋后、庭院之中种上一片绿茵茵的草坪，或培育一个美丽的花园。所以，园艺不仅为人们生活质量的改善提供了必要的物质产品，也提供了美好的精神产品。它所创造的环境和空间，可供人观赏、休息，调节人的心理和情感，并可改善局部气候环境和卫生状况。

人民生活质量的改善及对园艺产品要求的提高，将促进园艺事业的发展，为园艺机械化创造十分有利的条件。要发展园艺事业，就要在生产中应用先进的科学技术和装备，并采用现代化的科学管理方法，以改善园艺生产的环境和条件，提高劳动生产率，提高园艺生产的水平。

在园艺生产中使用先进的机械装备能够发挥巨大的作用，有着重要的意义。由于机械化生产的功效高，单位面积生产所需要的劳动力大为减少。因此，它可以大大提高劳动生产率；使用机械以后，劳动者成为机器的操作者，改善了园艺生产的条件，减轻了劳动强度。此外，使用机械还能够抗御自然灾害，减少损失，完成一些用人力难以达到的增产增值的技术措施，强化和发展生产能力。例如用水泵可以及时进行排灌，抵御旱涝灾害，保证作物生长；用植保机械可喷洒农药，防治病虫害。

园艺生产时间性严格，多为集约式栽培，技术性很强。实现园艺生产的机械化，结合园艺生物技术措施，可以促进园艺作物的生长发育，提高园艺产品的产量和质量。随着现代科学技术的发展，为园艺作物生长及其产品保存创造合适环境条件的各种设施及装备运用得越来越多，如温室、冷藏库，制冷、保鲜及环境控制设备等。人工建造的温室，可以自动控制和调节内部的空气温度、湿度和光照条件，为作物创造良好的生长环境，不仅产量高，品质好，还能保证周年均衡地向市场供应新鲜的园艺产品，如蔬菜、花卉，实现反季节生产、销售，创造良好的社会效益和经济效益。

二、园艺机械化的现状与发展

我国的园艺机械化，是从无到有，从少到多逐步发展起来的。近年来，一批结构新颖、操作方便、效率高、适合我国国情的中、小型园艺机械相继问世，并在生产实际中得到推广应用。如

多用途蔬菜播种机，较好地解决了大白菜、萝卜、菠菜等多种蔬菜的播种作业；果园弥雾机，可进行大面积密植果园的喷雾作业；还有如草坪修剪机、螺旋式开沟机、侧挂式挖坑机，以及用于果园菜地、温室大棚等设施的园圃旋耕机等。

在设施园艺方面，近年来，我国的设施栽培发展很快。1996年全国蔬菜、花卉设施栽培面积达65万 hm^2 ，其中各类温室、大棚30万 hm^2 ，中小塑料拱棚等35万 hm^2 。我国改进并发展了适合我国国情、具有中国特色的节能型日光温室；已经能够设计、建造多种不同类型的温室及其环境、栽培控制系统；研制、开发了不同类型的覆盖材料，如长寿膜、无滴膜以及各种遮阳网等

我国园艺机械化的发展，虽然取得了很大成绩，但其速度还落后于园艺生产的发展，就全国而言，园艺机械化水平还不高，园艺机械化程度大约只有40%左右。目前只有整地、灌溉、植保、果蔬产品运输基本上实现了机械化或半机械化，还有许多作业，如蔬菜栽培、中耕除草、开沟施肥、疏花疏果、整枝修剪、果蔬采收等，主要依靠手工操作。在设施生产方面，环境控制水平还不高，与之相配套的栽培、管理技术还不完善等，我国的园艺机械化与国外先进技术相比，还有较大差距。

世界上发达国家工业基础雄厚，科学技术先进，生产了许多性能完美、制造精湛的园艺机械。目前世界上园艺机械化程度较高的有美国、日本、德国、法国、意大利等。美国、日本、荷兰、以色列的设施园艺栽培与环境控制技术也都很先进。美国许多种蔬菜、水果的收获都实现了机械化，其园艺机械化的水平最高。日本的植物工厂、荷兰的鲜花、以色列的节水灌溉等，在世界上都占有重要地位。

园艺机械化是现代化园艺不可缺少的生产手段，为促进园艺事业的发展，人们不断研制各种新的园艺机械，不断提高园艺机械化的水平。目前，园艺机械化的发展有如下的特点：

1. 发展高生产率的园艺机械，机具种类向大小两个方向发展，品种繁多。为了提高园艺作业的劳动生产率，必须提高作业机组的生产率。因此，拖拉机向大功率方向发展，和大功率拖拉机配套的作业机械增多，作业机械的工作幅宽相应加大，机组作业速度普遍提高，宽幅高速高生产率是作业机械的一种发展趋势。由于和拖拉机配套的作业机械种类增加，作业项目增多，拖拉机的利用率也提高。与此同时，为适应设施栽培和园圃菜地的需要，一些小动力机械不断出现，有的还做成手提式或背负式，并向微型化发展。这些小型机械大都结构简单、使用方便、造型美观，并具有易起动、噪声低、污染小的特点，可完成各种设施园艺作业。

2. 发展多用途机械和联合作业机械，扩大机具的通用性。所谓多用途机械就是将一台机器经过简单改装就能完成多项作业，如一些耕作机械换装不同的工作部件可以进行耕地、整地，一些播种机械换装不同的排种装置和部件可播不同种类种子。所谓联合作业机械就是一台机器在一次行程内，可同时完成两种或多种作业内容，如旋耕播种施肥机，旋耕起垄铺膜机等。发展多用途机械及联合作业机械，可以提高机具的利用率，充分发挥机器的动力，还可节约作业时间，降低作业成本。

3. 发展工厂化生产。工厂化生产易于实现生产过程的电气化、自动化，并逐步向智能化方向发展，创造十分有利于作物生长的环境，缩短生长周期，提高产品的产量和品质，实现反季节生产、销售。现在国外先进的计算机控制温室和植物工厂，可以自动调节室内空气的温度、湿

度、CO₂浓度、光照条件、灌溉、营养液供应等，为作物创造良好的生长环境，一年四季可向市场供应新鲜的蔬菜、水果和花卉，其生产率可达每平方米年产蔬菜 50 kg 以上。近年来，我国的工厂化设施生产发展也十分迅速。

4. 广泛采用各种新技术 随着现代科学技术的发展，各种新技术、新材料、新工艺日益广泛地被应用到园艺机械和装备中。采用新材料新工艺可以提高机器寿命及降低机器成本，如用聚乙烯、聚丙烯塑料制造药箱及管道附件、阀门等，可避免零件的腐蚀，减轻重量，又简化生产工艺，降低制造成本。采用液压技术，可以提高机械的操作自动化水平。利用电子仪器、各种传感器和计算机，可以监测、控制和调整机械的工作状况和作业质量，提高工作可靠性和自动化水平。如在药剂喷洒装置中用计算机能自动控制其行走速度，使各处喷量保持一致；在温室等设施中，可对环境进行自动调控，利于作物的生长。此外，如激光技术用于开沟及平整土地，微波、超声波、红外线用于消灭病虫害及园艺产品的干燥、保鲜等。

三、本课程的教学内容、要求和学习方法

本课程的主要内容包括动力机械（内燃机、拖拉机、电动机）、作业机械（耕整地机械、种植机械、灌溉机械、园圃保护管理机械、收获机械等）、加工贮藏设备及设施环境控制设备四大部分，讲述各种机械的基本构造，工作过程及有关性能。随着现代科技的发展，为园艺作物生长及园艺产品保存创造适宜环境条件的各种设施和装备运用得越来越多，已成为园艺生产中的重要内容，故本书也把这些设施装备作为园艺机械化的一部分，一并介绍。通过学习，希望学生能够了解有关园艺机械的基本知识和作业性能，知道这些机械能够完成什么样的工作，获得在园艺生产中应用这些机械所需要的基本理论和必要的实践技能，以便今后能合理地选择有关机械，使园艺机械与园艺生产互相适应，互相配合。

我国幅员辽阔，生产条件复杂多样，各地的园艺生产及所用机械不尽相同，教材讲述的通常只是以一种机械为主，兼顾其他。学生学习时除应掌握教材的主要内容外，还可结合各地的实际情况，了解当地常用的一些有代表性的机具及性能，以便融会贯通，更好地应用于生产。

本课程是一门实践性很强的课程，学习时应理论联系实际，切不可只注重书本及课堂讲授。要尽量利用现场教学、实验实习等教学环节和方法，充分注重对实物、挂图、模型、幻灯的观察；注意掌握有关机械的特点及工作性能；要重视实验实习，尽可能亲自动手操作，以加深对所学知识的理解，巩固课堂教学效果。

第一篇 动力机械

第一章 内燃机

第一节 内燃机的类型

一、内燃机的分类

将燃料燃烧所产生的热能转化为机械能的机器称为热力发动机，简称热机。热机可分为内燃机和外燃机。燃料直接在机器气缸内部燃烧的热机称为内燃机。

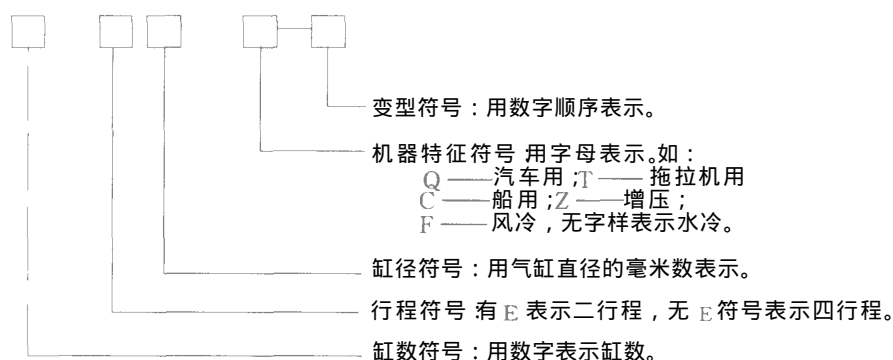
内燃机按使用的燃料不同分为柴油机、汽油机、煤气机等；按燃料的着火方式不同分为压燃式和点燃式内燃机；按完成一个工作循环的行程数不同分为四行程和二行程；按气缸数目不同分为单缸和多缸；按气缸的排列形式分为卧式、立式和 V 型；按冷却方式不同分为水冷和风冷式。通常按主燃料命名，称为柴油机和汽油机。

二、内燃机的系列和型号

为减少机型，统一规格，便于组织规模化生产，提高零件的通用性，降低生产和维修成本，国家规定按气缸直径将内燃机分成几个系列。气缸直径和行程数相同的柴油机或汽油机为同一系列。同一系列中又由于缸数及机器特征的不同，形成不同的型号。如 95 系列柴油机有 195、195F、295、395、495、695 等型号。

国家制定的内燃机产品名称和型号编制规则（GB725—65）规定，内燃机产品名称均按其采用的主燃料命名；按规格和特征编制型号；型号由阿拉伯数字和汉语文字拼音的首位字母组成。型号的排列顺序及符号规定如下页上图所示。

例如：295 柴油机，即表示二缸、四行程、95mm 缸径、水冷式柴油机；1E40F 汽油机，即表示单缸、二行程、40mm、风冷式汽油机。



第二节 内燃机的工作原理

一、内燃机工作的基本概念

图 1-1 为单缸往复式活塞式内燃机的工作简图，表示活塞在气缸内做上下往复运动的两个极限位置。

上、下止点：活塞在气缸内作往复运动时，活塞顶面距曲轴中心最远的位置为上止点；活塞顶面距曲轴中心最近的位置为下止点。

活塞行程：活塞在上下止点间移动的距离称为活塞行程，用符号 S 表示。它等于曲轴半径的两倍。曲轴每转半圈，推动活塞运动一个行程。

气缸工作容积：上下止点间的气缸容积，用符号 V_h 表示，它由缸径 D 和活塞行程 S 决定。

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

多缸内燃机各缸工作容积之和为内燃机的总排量。

压缩比：气缸总容积 V_a 与燃烧室容积 V_c 之比，用符号 ϵ 表示。

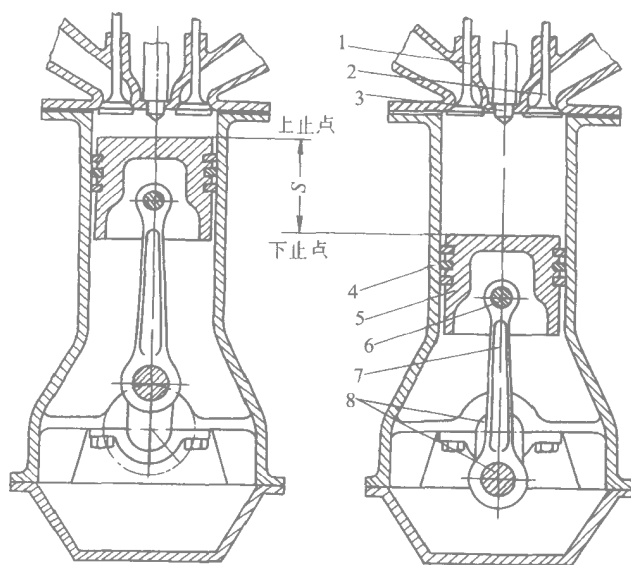


图 1-1 内燃机工作简图

- 1 进气门 2 排气门 3 喷油器 4 气缸
 5. 活塞 6 活塞销 7. 连杆 8 曲轴

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

压缩比表示气体在气缸内被压缩的程度。柴油机压缩比一般为 16~22，汽油机的压缩比为 5~11。

二、单缸四行程内燃机的工作过程

曲轴转两圈、活塞经过四个行程、完成一个工作循环的内燃机称为四行程内燃机。

(一) 单缸四行程柴油机的工作过程

其基本工作原理是：先将新鲜空气吸入气缸并压缩，接着将柴油以高压、雾状地喷入燃烧室内，利用被压缩后的高温空气使柴油着火燃烧；高温高压燃气推动活塞下行，通过连杆带动曲轴旋转，将柴油燃烧生成的热能转化为旋转形式的机械能。其工作过程如下。

1. 进气行程（图 1-2a） 曲轴转第一个半圈，带动活塞由上止点向下止点运动。此时进气门打开，排气门关闭，新鲜空气被活塞吸入气缸。进气终了时，进气门关闭，缸内气压约为 78.5~88.3kPa，温度为 320~350K。

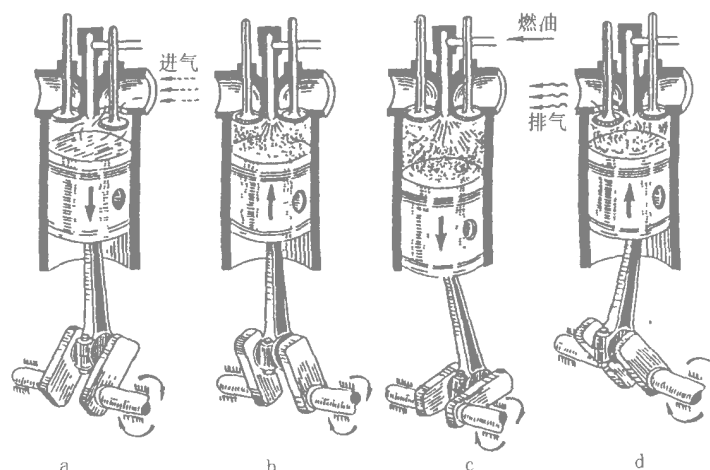


图 1-2 单缸四行程柴油机的工作过程

a. 进气 b. 压缩 c. 做功 d. 排气

2. 压缩行程（图 1-2b） 曲轴转第二个半圈，推动活塞由下止点向上止点移动。此时进、排气门均关闭，气缸内的气体被压缩，温度和压力不断升高。压缩终了时，气体被压缩于燃烧室内，气体压力为 2 940~4 900kPa，温度为 750~1 000K（柴油的自然温度为 600K）。

3. 做功行程（图 1-2c） 曲轴转第三个半圈。此时进、排气门均关闭。高压柴油由喷油器喷入燃烧室内，迅速与空气混合，自行着火燃烧，并放出大量热能，使缸内气压气温急剧升高，气压为 5 900~8 800kPa，气温为 1 800~2 200K，迫使活塞向下运动，通过连杆推动曲轴，于是柴油和空气燃烧产生的热能变为活塞、曲轴的机械能，实现了能量的转化过程。做功终了时，缸内废气的压力为 290~580kPa，温度为 1 000~1 200K。

4. 排气行程（图 1-2d） 曲轴转第四个半圈，推动活塞作第四个行程，由下止点向上止点

运动。此时，进气门关闭，排气门打开。在压力差和活塞推送下，经排气门排出废气。因排气道有阻力，废气排不尽。排气终了时，气缸内气压为 $103\sim 123\text{kPa}$ ，气温为 $700\sim 800\text{K}$ 。

活塞完成四个行程，柴油机作了一个工作循环。下一工作循环的进气行程紧接着上一循环的排气行程。这样，一个循环接着一个循环，使柴油机不断运转，连续地对外输出机械能。

(二) 单缸四行程汽油机的工作过程

其基本工作原理是：先将由汽油和空气组成的可燃混合气吸入气缸并压缩，接着用电火花点燃混合气，混合气燃烧。高温高压燃气推动活塞做功，使汽油机运转，把汽油燃烧产生的热能转化为机械能。

四行程汽油机完成一个工作循环，也是曲轴转两圈，活塞往复运行四个行程，即进气、压缩、做功、排气四个行程。它与柴油机不同的是：

1. 进气行程时，吸入气缸的不是新鲜空气，而是在缸外混合后的汽油和空气的混合气。进气终了时，缸内压力比柴油机稍低，约为 $73.6\sim 88.3\text{kPa}$ ，温度稍高，为 $350\sim 400\text{K}$ 。

2. 压缩行程，压缩的是可燃混合气，其压缩比小，压缩终了时气压远低于柴油机，约为 $780\sim 1370\text{kPa}$ ，气温为 $500\sim 700\text{K}$ 。

3. 做功行程，在压缩接近终了时，火花塞适时点火，可燃混合气着火燃烧。燃气最高压力为 $2\ 940\sim 4\ 410\text{kPa}$ ，气温为 $2\ 200\sim 2\ 800\text{K}$ 。排气终了时，废气压力为 $103\sim 108\text{kPa}$ ，温度为 $800\sim 1\ 000\text{K}$ 。

(三) 多缸四行程内燃机的工作过程

内燃机在每个工作循环中，只有做功行程是对外做功的，其余行程为辅助行程，需消耗能量用于压缩气体和克服进排气阻力，造成内燃机运转不均匀。为此，单缸内燃机需在曲轴末端安装大而重的飞轮，用以贮存做功行程产生的能量，并在辅助行程中释放能量，推动活塞工作。

多缸机的各缸共用一根曲轴，各缸活塞承受燃气压力都推动同一曲轴。将各缸的做功行程合理错开，便能人人提高曲轴的运转均匀性，飞轮的尺寸和重量可大为减少。多缸机的各缸发生同名行程的顺序即称为多缸机的工作顺序。四缸四行程内燃机的工作顺序有 $1-3-4-2$ 和 $1-2-4-3$ 两种，以前者最为常见。各缸工作循环情况见表 1-1。

表 1-1 四缸四行程内燃机的工作过程

I 作顺序	1-3-4-2				1-2-4-3			
	各缸工作过程				各缸工作过程			
曲轴转角	一缸	二缸	三缸	四缸	一缸	二缸	三缸	四缸
$0^\circ\sim 180^\circ$	做功	排气	压缩	进气	做功	压缩	排气	进气
$180^\circ\sim 360^\circ$	排气	进气	做功	压缩	排气	做功	进气	压缩
$360^\circ\sim 540^\circ$	进气	压缩	排气	做功	进气	排气	压缩	做功
$540^\circ\sim 720^\circ$	压缩	做功	进气	排气	压缩	进气	做功	排气

三、单缸二行程内燃机的工作过程

曲轴旋转一周，活塞经过两个行程完成进气、压缩、做功和排气一个工作循环的内燃机称为二行程内燃机。

（一）单缸二行程汽油机的工作过程

二行程汽油机采用气孔—曲轴箱换气方式。其结构特点是在气缸壁上开有进气孔、排气孔和换气孔，由活塞往复运动来控制其开和闭。进气孔连通曲轴箱和进气管，换气孔连通曲轴箱和气缸，排气孔使气缸与排气管相通，其曲轴箱是密闭的。工作过程如下。

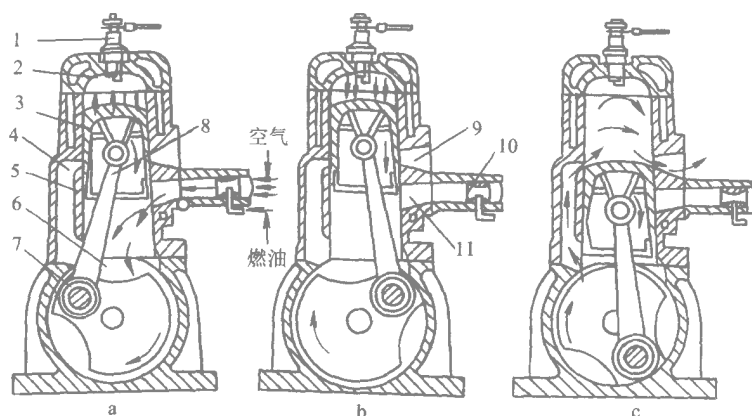


图 1-3 二行程汽油机工作简图

1. 火花塞 2. 缸盖 3. 活塞 4. 换气孔 5. 缸体 6. 曲轴箱
7. 曲轴 8. 连杆 9. 排气孔 10. 化油器 11. 进气孔

第一行程（图 1-3a） 当活塞由下止点向上止点运动时，相继开启进气孔、关闭换气孔和排气孔，气缸内混合气被压缩；同时活塞下方的曲轴箱内则由于活塞上行容积增大而产生真空度，空气经化油器，吸出汽油一起混合进入曲轴箱。因此，第一行程中气缸内气体被压缩，同时曲轴箱内则在吸进可燃混合气。

第二行程（图 1-3b、c） 当活塞上行接近上止点时，火花塞适时点火，点燃被压缩的可燃混合气。活塞越过上止点后在高温高压燃气的推动下下行作功，开始第二行程。同时，进气孔逐渐被关闭，活塞下行压缩曲轴箱内的可燃混合气，压力上升。活塞继续下行打开排气孔，具有一定压力的废气很快由排气孔排出。接着，换气孔也开启，曲轴箱内已被预压的混合气经换气道和换气孔进入气缸，并驱除废气。因此，第二行程中气缸内在作功、排气和换气，曲轴箱的混合气则被压缩。

当活塞越过下止点后上行时，下一循环的第一行程又重新开始。如此，一个工作循环接着一个工作循环，使汽油机不断运转。

（二）单缸二行程柴油机的工作过程

采用气门—窗口扫气式配气机构（图 1-4）。在气缸的中部开有进气孔，其启闭由活塞的往复运动来控制。气缸顶部设有排气门。换气时，采用增压器提高空气压力，由进气孔压入气缸，并将废气驱赶出去。

Q 二行程柴油机与二行程汽油机的工作过程基本相同，主要区别在于换气时进入气缸的是纯净空气；柴油由喷油器喷入并自行着火燃

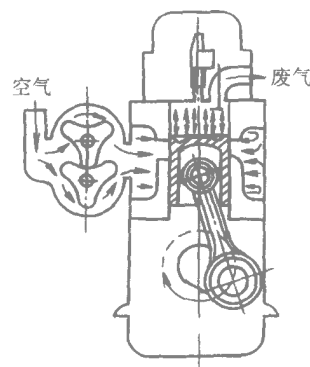


图 1-4 带增压器的二行程柴油机工作简图

烧。

二行程内燃机的曲轴每转一周便作一次功，在工作容积和转速相同的条件下，其功率理论上应是四行程内燃机的两倍；且运转均匀平稳，结构简单，重量轻。但由于二行程内燃机不易排尽废气，热效率低，实际功率约为四行程内燃机的 1.5~1.6 倍。二行程汽油中有部分汽油会随废气排出，故耗油率高。二行程柴油机用纯空气，无燃油损失，经济性能较好。

第三节 内燃机的构造

内燃机一般由曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、润滑系、冷却系和起动装置组成。汽油机上设有点火系。内燃机工作时，曲柄连杆机构、配气机构和燃料供给系（点火系）互相配合，完成工作循环，实现能量转换。润滑系和冷却系为内燃机正常工作提供了必备的条件。启动装置是借助外力，将静止的机器转为自行运转。

一、曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是内燃机实现工作循环、完成能量转换、改变运动形式并传递动力的主体机构。在作功行程中，燃气压力推动活塞作往复直线运动，并通过连杆，曲轴转变成曲轴的旋转运动，把活塞所受的推力转变为曲轴上的扭矩。在其他三个行程中，由该机构将曲轴的转动转变为活塞的直线往复运动。

曲柄连杆机构由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组等组成。

（一）机体组

机体组由气缸体、曲轴箱、气缸套、气缸盖和气缸垫组成。机体组是内燃机的骨架，是支承和固定内燃机各机构的基础。

1. 气缸体和曲轴箱 气缸体用于安装气缸套，曲轴箱用于支承曲轴。水冷式内燃机的缸体内铸有冷却水套；曲轴箱常分上下两部分制造，上曲轴箱与缸体铸成一体，称为机体，下曲轴箱内贮存机油，称为油底壳。风冷式内燃机的缸体外铸有散热片；曲轴箱常与气缸体分开铸造。四行程内燃机的曲轴箱内贮有润滑油，有通气管与大气相通，以减轻活塞运动阻力和机油变质；二行程内燃机的曲轴箱兼作换气用，密封严密，不存放机油。

2. 气缸套 气缸呈圆筒形。它是燃料燃烧、能量转换的场所，是活塞运动的导轨。它工作条件恶劣，极易磨损，需修理和更换。为降低制造和维修成本，气缸体和气缸分开制造，单独制造的气缸称为气缸套。

气缸套分湿式（图 1-5）和干式两种。

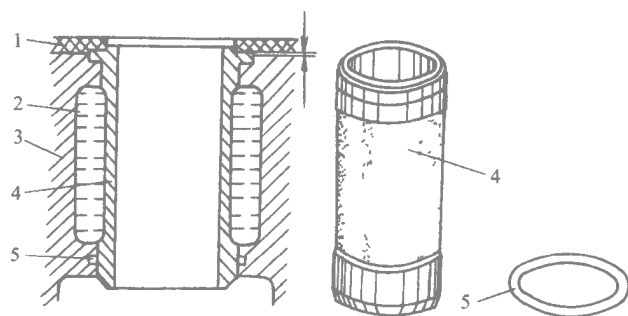


图 1-5 湿式水冷气缸套

1. 气缸垫 2. 水套 3. 气缸体 4. 气缸套 5. 橡胶密封圈

湿式缸套外壁直接与冷却水接触，散热性能好，应用普遍，但易漏水，故在下定位凸缘处装有橡胶阻水圈，以防冷却水漏入曲轴箱内。干式缸套外壁不直接与水接触，不会漏水，但散热性能差，加工制造困难。

3. 气缸盖和气缸盖衬垫 气缸盖用螺栓紧固在气缸体上，二者之间垫有气缸盖衬垫，简称气缸垫，用以封闭气缸上部并与活塞顶构成燃烧室。气缸盖上加工有喷油器或火花塞安装孔座，铸有进、排气道和冷却水道。风冷内燃机的缸盖上还铸有散热片。

气缸垫用于密封气缸盖与气缸体的接合平面，防止漏气、漏水。缸盖和缸体用螺栓连接，缸盖螺母必须按规定的顺序和扭矩均匀拧紧。

(二) 活塞连杆组

活塞连杆组由活塞、活塞环、活塞销、连杆等组成。活塞承受燃气膨胀压力作高速直线往复运动，通过连杆转变为曲轴的旋转运动，以实现工作循环，完成能量转换。

1. 活塞 活塞用于密封气缸，承受燃气压力并传递给连杆。它在高温、高压、高速的交变载荷条件下工作，要求其有足够的强度、重量轻和导热性好，目前广泛采用铝合金材料。活塞的构造分顶部、防漏部、裙部和销座四部分（图 1-6）。活塞顶部是燃烧室的组成部分，其形状与燃烧室的形状有关，柴油机的活塞顶部制有各种形状的凹坑（图 1-7），以利于混合气的形成与燃烧。防漏部切有数道环槽，用以安装活塞环。裙部起导向作用，并承受侧压力。活塞销座用于安装活塞销。

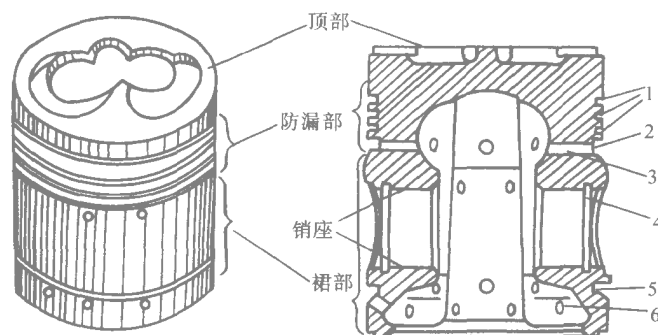


图 1-6 活塞外形及剖视图

1. 气环槽 2. 油环槽 3. 油孔 4. 销座卡环槽 5. 油环槽 6. 油孔

2. 活塞环 活塞环分气环和油环（图 1-8）。气环又称压缩环，用以保持活塞与气缸间的密封，防止漏气，并将热量传递给气缸壁散发出去。油环的功用是刮除缸壁上多余的润滑油，防止窜入燃烧室，将适量的润滑油均匀地涂抹在气缸壁上，形成一层油膜，改善气缸与活塞的润滑条件。活塞环一般用耐磨合金铸铁制成，它是一种弹性开口圆环，在自由状态下，其外径大于气缸内径，装入气缸后，紧贴缸壁形成良好密封。

3. 活塞销 活塞销把活塞与连杆铰接起来，将活塞所受的力传给连杆。活塞销受力大且要求重量轻，一般采用合金钢制成空心圆柱体。活塞销采用浮式安装，与连杆小头铜套为动配合。销与销座孔的配合，常温下有紧度，待达到工作温度后，由于活塞销座孔的膨胀比活塞销大，于

是销可在销孔中转动。

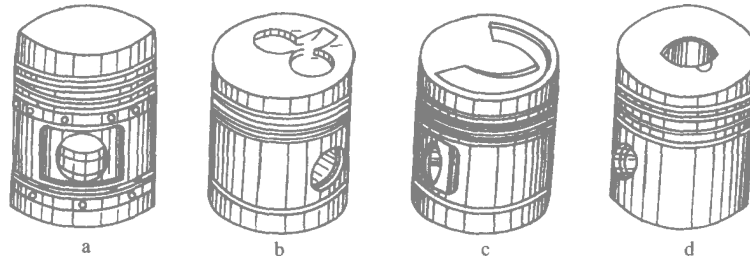


图 1-7 活塞顶形状

a. 481 系列活塞 b. 485 活塞 c. 95 系列活塞 d. 90 系列及 495A 活塞

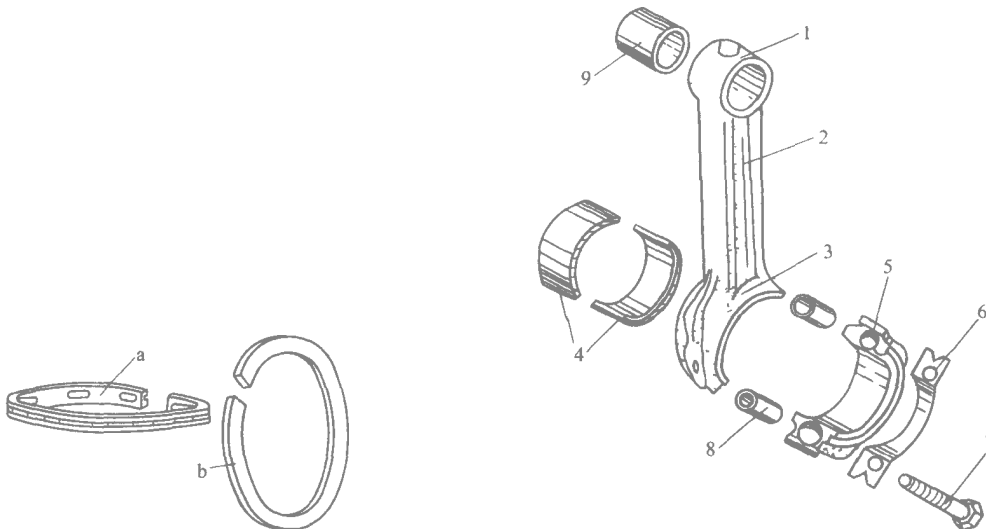


图 1-8 活塞环

a. 油环 b. 气环

图 1-9 连杆

1. 连杆小头 2. 杆身 3. 连杆大头 4. 连杆轴瓦 5. 连杆盖
6. 锁片 7. 连杆螺栓 8. 定位销 9. 铜套

4. 连杆（图 1-9） 连杆连接活塞和曲轴，在作功行程中把活塞受到的力传给曲轴使之旋转，在其他三个行程中则将曲轴的旋转运动变为活塞的往复运动。连杆承受很大的力，要求强度高、刚性好和重量轻，多用碳钢或合金钢锻造，杆身断面制成工字形。连杆分小头、杆身和大头三部分。小头内压有铜衬套并钻有润滑油孔，润滑油由孔流入衬套以润滑活塞销。大头与曲轴的曲柄销相连，一般做成分开式，以便于拆装；连杆大头内装有轴瓦以减小曲柄销的磨损和摩擦阻力。连杆杆身与连杆盖有特制螺栓连接，安装时须按规定扭矩，分几次均匀拧紧螺母并锁紧螺母。连杆螺栓松脱或拉断将导致严重事故。

（三）曲轴飞轮组

曲轴飞轮组由曲轴和飞轮组成，它承受活塞连杆传来的力，将其变为扭矩对外输出动力，并使内燃机平稳运转。

1. 曲轴 曲轴承受连杆传来的力，转变为扭矩对外输出；同时通过齿轮、皮带轮驱动内燃机其他各机构和系统。曲轴必须有足够的强度和刚度，轴颈表面应耐磨且润滑可靠。曲轴分为主轴颈、连杆轴颈（曲柄销）、曲柄、曲轴前端和曲轴后端（图 1-10）。曲轴通过主轴颈支撑在曲轴箱主轴承中，主轴颈中有油道相通，润滑油在内流动以润滑各运动表面。曲柄用以连接主轴颈和连杆轴颈，在其相反方向上加有平衡重块以使曲轴运转平稳。曲轴前端装有正时齿轮、油封装置、皮带轮和起动爪等零件。后端凸缘用于固定飞轮。

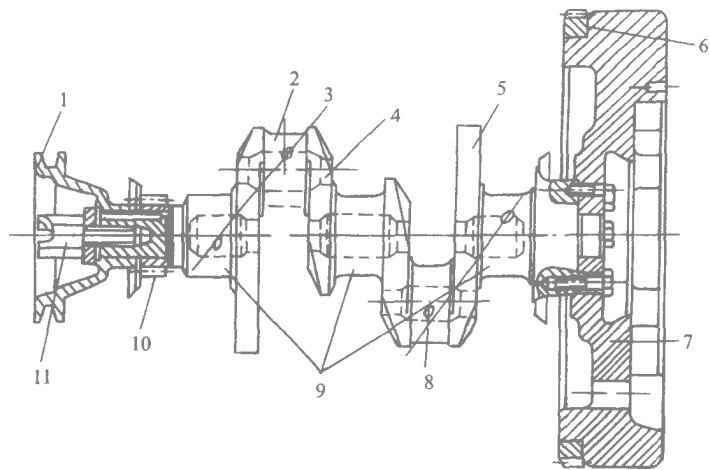


图 1-10 二缸柴油机的曲轴飞轮组

1. 三角皮带轮 2. 连杆轴颈 3. 机油孔 4. 曲柄 5. 配重 6. 飞轮齿圈
7. 飞轮 8. 机油腔 9. 主轴颈 10. 正时齿轮 11. 起动爪

2. 飞轮 飞轮用以蓄放能量，帮助曲柄连杆机构越过上、下止点和完成辅助行程，使曲轴运转平稳，并使内燃机易于起动和克服短时超负荷。飞轮是一个边缘较厚的铸铁大圆盘，用螺栓固定在曲轴后端凸缘上。飞轮上刻有上止点和供油（点火）提前角等记号。

（四）曲柄连杆机构的平衡

曲柄连杆机构作高速往复运动和旋转运动，在运动过程中会产生往复惯性力和离心惯性力。往复惯性力是活塞、活塞销和连杆小头等往复运动时，因速度不断变化而产生，离心惯性力是由曲柄、连杆轴颈和连杆大头等绕曲轴回转中心作圆周运动而产生，惯性力使内燃机受到额外的载荷和振动，影响整机的性能和寿命。单缸机中离心惯性力的平衡措施是在曲柄的反向延长线上配置适当的平衡重块，使平衡重产生的离心力与离心惯性力相互抵消。往复惯性力的平衡有单轴平衡法和双轴平衡法。其基本原理是通过齿轮驱动另外的铸有偏心重块的平衡轴，平衡轴与曲轴转速相等而转向相反，从而达到平衡往复惯性力的目的。多缸机由于曲轴的各缸曲柄销对称布置，从整体上看惯性力和惯性力矩在内燃机内部相抵消。但从局部上看，惯性力和力矩仍能引起曲轴变形和增加轴承附加荷载，所以在二缸机上仍在曲轴上设置平衡块，四缸机的曲轴上也设置平衡块，以减轻内燃机的震动和轴承的附加荷载。

二、配气系统

配气系统用于定时地向气缸供给新鲜气体和排除废气，协助曲柄连杆机构实现工作循环。配气系统由进气管路、排气管路、配气机构和减压机构组成。有的内燃机还设有增压器，以增加气缸的充气量。

（一）进气管路和排气管路

进气管路由空气滤清器和进气道组成；排气管路由排气道和排气消声器组成。进、排气道均铸在气缸盖内，在一些柴油机上，进气道形状要求与燃烧室相匹配，比较复杂。

1. 空气滤清器 空气滤清器用以清除进入气缸的空气中所含的灰尘杂质，提高内燃机的使用寿命。

空气滤清器滤清的方式和原理有惯性式和过滤式两种。惯性式是利用灰尘杂质比空气重的特性，引导气流作急速的旋转运动，离心惯性力使尘土甩向四周而与空气分离；或者引导气流突然改变方向，惯性力使尘土来不及改变方向而与空气分离。过滤式是引导气流通过滤芯，使尘土隔离或黏附在滤芯上。常用的滤清器一般都综合采用两种方式。

内燃机多采用湿式和干式两种结构型式的空气滤清器。湿式空气滤清器引导空气经过干惯性式、湿惯性式和湿过滤式三级过滤后，再进入气缸。干式空气滤清器引导气流经干惯性式和干过滤式二级滤清后，再进入气缸。干式空滤器采用纸质滤芯过滤空气。

2. 排气消声器 排气消声器用以减小气缸中高压废气排出时产生的噪音，消除火花，降低气温。其工作原理是引导废气通过消声器孔眼，反复改变气流方向，并通过收缩和扩大相结合的流程断面来消除废气的能量，使气流膨胀、减速、降温，从而达到降噪音，灭火花。

(二) 配气机构

配气机构用于控制进气门和排气门，保证进、排气门按照内燃机工作循环要求定时地开启或关闭，及时完成换气过程，并在压缩和作功行程中保持气缸的密封。

1. 配气机构的类型及工作原理 四行程内燃机采用气门式配气机构。按气门的安装位置不同，分为顶置式和侧置式配气机构。

(1) 顶置式配气机构(图 1-11) 气门倒装在气缸盖上。它由凸轮轴与凸轮、挺柱、推杆、摇臂、气门、气门座及气门弹簧等组成。曲轴旋转时，通过正时齿轮带动凸轮轴旋转，凸轮的凸起部分将挺柱、推杆举起，再通过摇臂将气门打开。当凸轮和凸起部转过挺柱平面时，气门在气门弹簧的作用下立即关闭。顶置式配气机构的优点是燃烧室结构紧凑，压缩比高、热损失小；进气阻力小，换气效率高。故动力性和经济性好。其缺点是机构复杂。

(2) 侧置式配气机构(图 1-12) 气门安装在气缸体的一侧。凸轮直接通过挺柱控制气门的启闭。侧置式气门结构简单，但气道拐弯多，气流阻力大，燃烧室不紧凑，热损失大。因此，侧置式配气机构仅用于低压压缩比的小型汽油机上。

2. 配气机构的组成 配气机构由气门组、

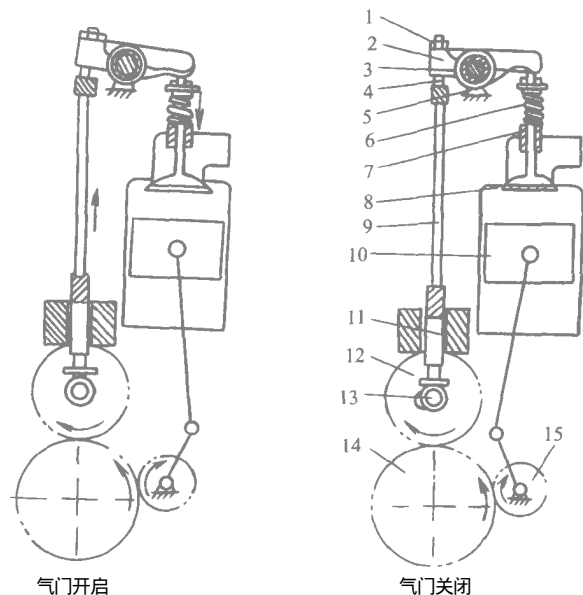


图 1-11 顶置式配气机构

1. 锁紧螺母 2. 摇臂 3. 摇臂轴 4. 调整螺钉 5. 摇臂轴座
6. 气门弹簧 7. 气门导管 8. 气门 9. 推杆 10. 活塞
11. 挺柱 12. 凸轮轴齿轮 13. 凸轮 14. 中间齿轮 15. 正时齿轮

传动组和驱动组构成。

(1) 气门组 气门组包括气门、气门座、气门导管、气门弹簧、弹簧座和锁片，用于保证气门与气门座紧密贴合，防止漏气。

气门用来控制进、排气道的关闭，多选用耐热耐磨的优质合金钢制造，气门由气门头和气门杆组成，分别与气门座和气门导管配合，气门头部锥面一般为 45° ，斜面中部有 $1.5\sim 2.5\text{mm}$ 的密封带。气门杆尾部制有槽或孔，用来安装气门锁夹或锁销，以固定于气门座。多数内燃机的进气门头比排气门头大，以提高进气充量。气门座直接加工在气缸盖上（顶置式气门）或气缸体上（侧置式气门），采用优质铸铁制成座圈，再压入气缸体或气缸盖上，以提高使用寿命，便于修理和更换。气门导管用以引导气门杆作直线运动，使气门正确落座。气门杆和导管间留有较小的间隙，气门导管压装在气缸盖或气缸体的导管孔中。气门弹簧用于使气门与气门座紧密贴合，自动关闭气门。

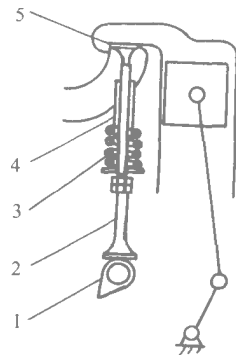


图 1-12 侧置式配气机构
1. 凸轮 2. 挺柱 3. 气门弹簧
4. 气门导管 5. 气门

(2) 传动组 顶置式配气机构的传动组包括挺柱、推杆、摇臂，侧置式配气机构只有挺柱。传动组用来按凸轮外廓形状传递动力。挺柱用于使凸轮的回转运动变为往复直线运动，其头部呈凹球形与推杆接触，将推力传给推杆，其圆盘形底盘与凸轮接触。侧置式配气机构的挺柱直接推动气门，在挺柱头部有调整气门间隙的调整螺钉。摇臂将推杆传来的力作用于气门杆端，以推开气门。其一端装有调整螺钉，用以调整气门间隙。

(3) 驱动组 驱动组由凸轮轴与正时齿轮组成，用来控制气门的启闭时刻和开启高度。

凸轮轴上制有进、排气凸轮，其数目分别与气门数相等；还制有数个轴颈，用来将凸轮轴支承于气缸体中；其前端还装有正时齿轮。正时齿轮由曲轴正时齿轮驱动。四行程内燃机每一工作循环进、排气门各开一次，即曲轴转两周，凸轮轴转一周。

(三) 配气相位与气门间隙

配气相位表示气门开启到关闭终了这一段延续时间的曲轴转角。用环形图表示，叫作配气相位图（图 1-13）。图中 α 为进气门早开角度， β 为进气门迟关角度， γ 为排气门早开角度， δ 为排气门迟关角度。整个进气过程延续的时间为 $180^\circ + \alpha + \beta$ ，整个排气过程延续的时间为 $180^\circ + \gamma + \delta$ 。

进、排气门早开和迟关，就是为了使柴油机进气充分、排气彻底。由于气门的开启需要一定的时间，开启动作过程是从气门完全关闭到气门开度逐渐增大，直至全开（不可能瞬时达到全开）的时间过程。

对于排气门，如果在活塞到达下止点时才开始开启，缸内废气就不能畅通排出（由于此时排气门开度很小），缸内压力不能迅速下降；当活塞越过下止点向上止点运动，开始强制排气过程时，由于缸内废气压力大，排气阻力就很大，增加内燃机的功率消耗。所以，设计上排气门通常在作功行程的下止点前开始打开，这叫做排气门早开，以减少活塞在排气行程中的上行阻力，增大排气量。排气门早开的时间用曲轴转角 γ 来表示，一般为 $30^\circ\sim 80^\circ$ 曲轴转角，即在活塞到达作功行程下止点前 $30^\circ\sim 80^\circ$ 曲轴转角位置时，排气门开始打开。为了尽可能的将缸内废气多排出一部分，在活塞到达排气行程上止点时，排气门并未完全关闭，以利用废气流出的惯性多排出废气，

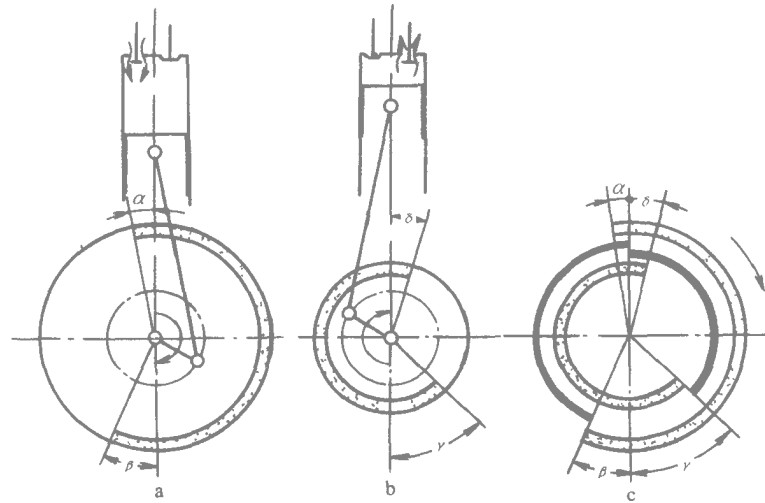


图 1-13 四行程内燃机配气相位图

这叫做排气门迟关，排气门要在活塞到达下一工作循环进气行程的上止点后 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 曲轴转角位置时才关闭，排气门迟关角用 δ 来表示。所以，排气门实际开启的时间相当于曲轴转过 $180^{\circ} + \gamma + \delta$ 所对应的时间（图 1-13）。

对于进气门，为了使新鲜气体尽可能多地进入气缸，也采取进气门早开和迟关的办法来延长进气时间，减少进气阻力，从而达到增加进气量的目的。进气门早开是指在上一工作循环排气行程尚未结束，活塞才到达排气上止点前某个曲轴转角（用 α 表示）所对应的位置，进气门就开始打开进气门。早开角 α 一般在 $0^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 曲轴转角之间。进气门迟关是指在本工作循环的压缩行程开始后，即活塞越过进气行程下止点，往上止点运动到某个曲轴转角（用 β 表示）所对应的位置时，进气门才完全关闭。进气门迟关角 β 一般在 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 曲轴转角之间，可见，进气门实际开启的时间相当于曲轴转过 $180^{\circ} + \alpha + \beta$ 所对应的时间（图 1-13）。

由图 1-13 可以看到，排气门迟关角（ δ ）在下一工作循环的进气行程内，进气门早开角（ α ）在上一工作循环内的排气行程中，这样就使得进、排气门有一个开启重叠的时间（相当于 $\alpha + \delta$ 所对应的时间），这一现象叫做气门叠开。

不同的内燃机有不同的配气相位，由配气正时齿轮的正确啮合位置和规定的气门间隙来保证。

气门间隙是指当气门关闭时，气门杆尾端与摇臂之间或挺柱与气门杆尾端间的间隙，以保证气门关闭严密。若不留气门间隙或间隙过小，当内燃机工作时，由于零件的受热膨胀会使气门被顶开，造成气门关闭不严而漏气，引起功率下降和性能恶化。反之，若气门间隙过大，则会减小气门的最大开启高度，使气门开启延迟，关闭提前，开启时间缩短，造成充气持续时间不足与排气不尽，从而降低内燃机功率；同时，还会增加各有关零件的相互撞击，增大噪音。

（四）减压机构

减压机构用于在内燃机起动或保养时，使气门保持在开启位置，以减少转动曲轴的阻力。柴油机上采用较广的减压机构，是直接压下气门摇臂的长臂端，使气门不受配气凸轮的控制而始终

保持开启，达到减压目的。

三、柴油机的燃料供给系

柴油机燃料供给系的功用是根据柴油机的工作顺序，定时、定量、定压地将雾化良好的清洁柴油喷入气缸，与经过压缩的空气形成良好的可燃混合气而自行着火燃烧。

柴油机燃料供给系由油箱、柴油滤清器、输油泵、喷油泵、喷油器及高低压油路组成（图 1-14）。小型柴油机一般不设输油泵，而将油箱置于柴油机上部，靠柴油的重力作用输油。

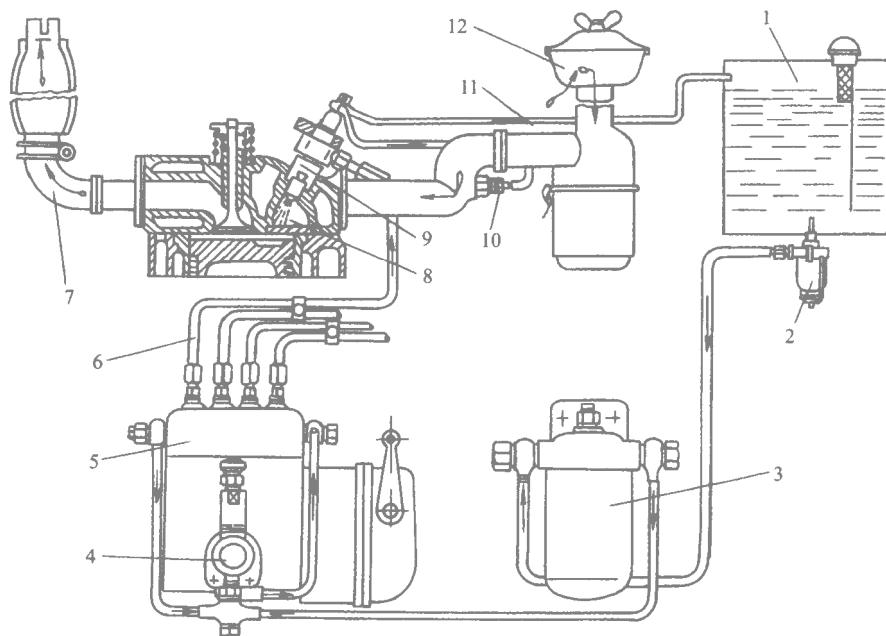


图 1-14 柴油机燃料供给系示意图

1. 油箱 2. 沉淀杯 3. 滤清器 4. 输油泵 5. 喷油泵 6. 高压油管
7. 排气管 8. 燃烧室 9. 喷油器 10. 预热塞 11. 回油管 12. 空气滤清器

（一）油箱、柴油滤清器和输油泵

1. 油箱 油箱用于贮存柴油，并使柴油中的水分和杂质得到初步沉淀。油箱加油口设有滤网，以防较大的杂质进入油箱。油箱盖上有通气孔与大气相通，以免油面下降时，箱内气压降低影响供油。

2. 沉淀杯 沉淀杯用以沉淀燃油中的水分，并使燃油中大颗粒杂质得到过滤和沉淀。

3. 柴油滤清器 滤清器用于过滤机械杂质和水分，主要部件是纸质滤芯。当柴油进入滤清器，流经滤芯的细小间隙时，杂质被阻挡或吸附在滤芯外面，清洁的柴油流过滤芯继续向下一级流动。

4. 输油泵 输油泵用来将柴油从油箱中吸出，适当增压，以克服管路和滤清器的阻力，并