

## 第三章 配气机构

### 第一节 配气机构的组成

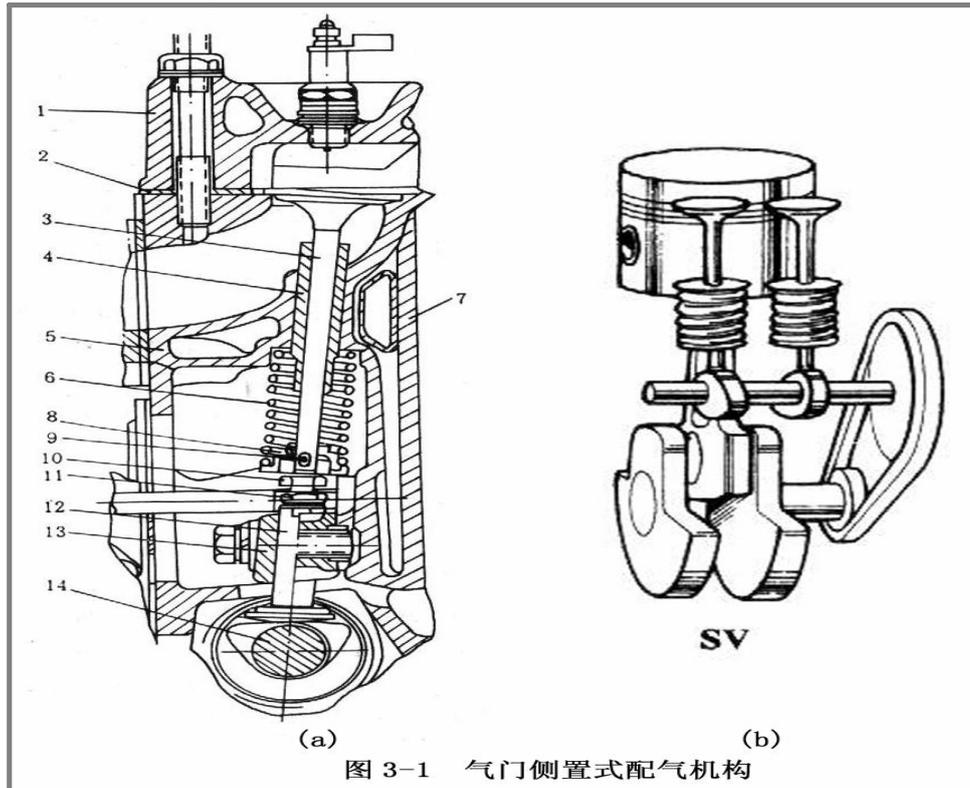
气门式配气机构

\*气门组：气门、气门座和气门座圈、气门导管、气门弹簧（气门旋转机构）（气门驱动形式：摇臂驱动，摆臂驱动和直接驱动三种类型）

\*气门传动组：凸轮轴、挺柱、推杆、摇臂（摆臂与气门间隙自动补偿器）

每组的零件组成与气门的位置、凸轮轴的位置、气门驱动形式有关。

从结构上看，气门式配气机构的种类可按气门的位置划分为侧置气门（见图 3-1）和顶置气门（见图 3-2a,图 3-2b）。



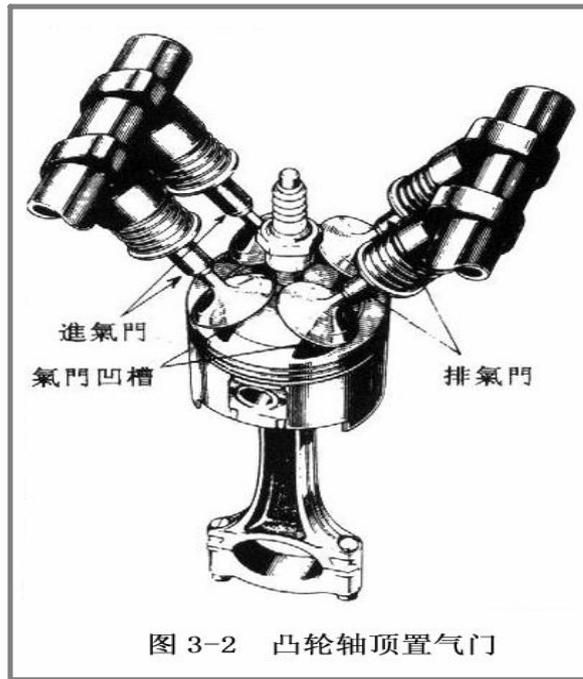
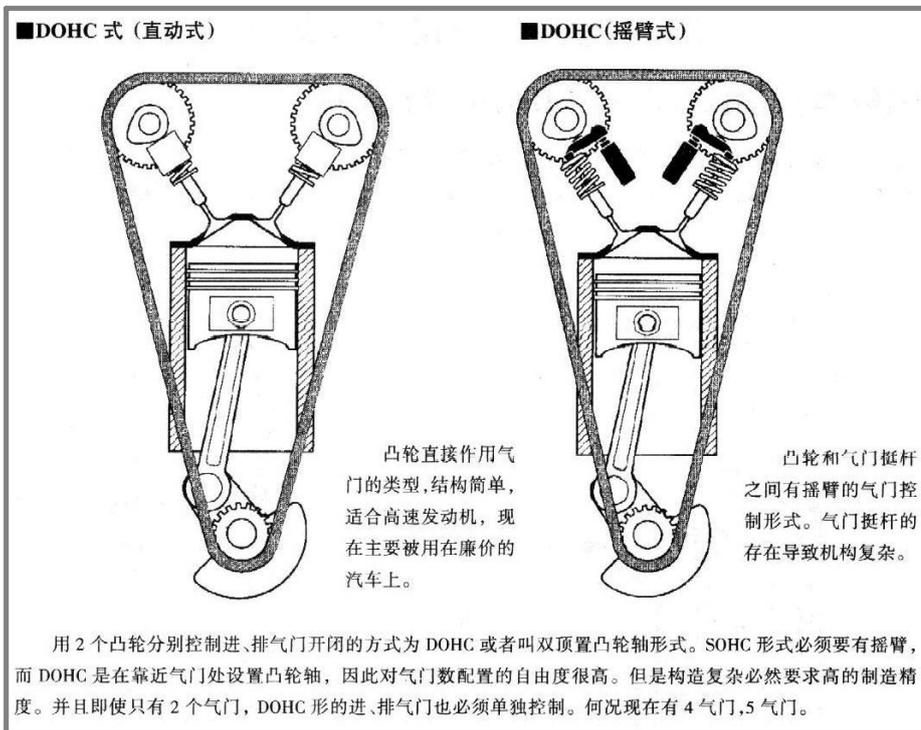


图 3-2 凸轮轴顶置气门

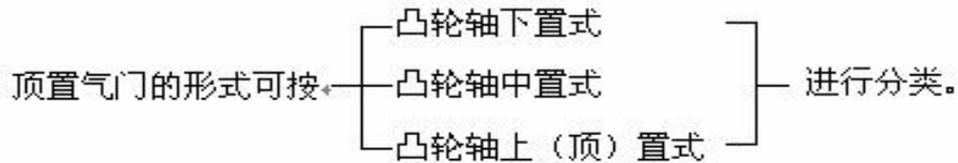


一、侧置气门 SV (Side valve):

是进、排气门沿着汽缸排列的型式, 如图 3-1 所示, 属于气门系统中结构最简单的一种。发动机的总高度较低, 也没有推杆间隙调整问题。但是, 这种结构的燃烧室形状造成压缩比不高, 热效率较低, 目前这种型式的配气机构已趋于淘汰。

总结: SV——结构简单、性能低。

二、顶置气门 (Overhead valve):



### 1. 凸轮轴侧置

在汽缸侧面水平安装的凸轮轴（图 3-3），经过直立的推杆顶出摇臂，摇臂以杠杆式压下气门，将气门打开。这种形式的气门系统，燃烧室可以设计成半球形，也可以设计成楔形，因此压缩比高，热效率也高，可以制造成高转速，高功率的发动机。但是，它的缺点就在于推杆长，如果发动机变热，气门系统也因热膨胀发生体积变化。因此，推杆与摇臂之间必须留点间隙（称作“挺杆间隙”）。如果不留间隙，即使凸轮不顶出时，气门也处于开启状态，就会造成漏气和烧伤气门事故。

因为有挺杆间隙，噪音变大，另外，如果转速很高，往复运动引起推杆的惯性质量增加，这样对系统的刚性要求很高，转速也受到限制。这种影响随着推杆的长度越长，重量越重，影响愈大。

所以，后来又过渡到高位凸轮轴方式（图 3-4），这种方式是将推杆缩短，减少惯性质量，从而能承受高速旋转。但是，仍旧要使用推杆，为了实现更高性能的发动机，OHC 结构形式就呼之欲出。

**总结：OHV——推杆是致命的弱点。**

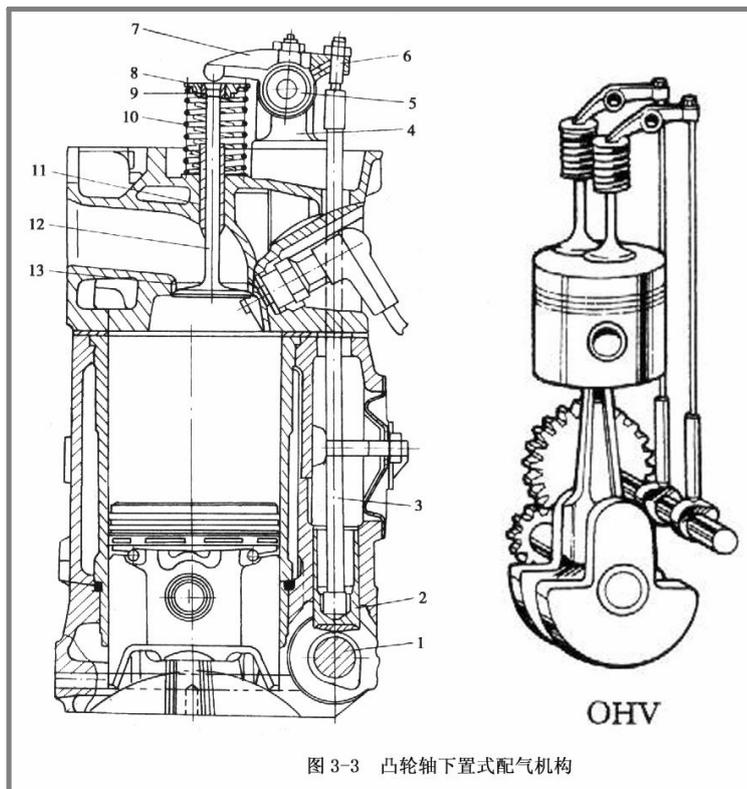


图 3-3 凸轮轴下置式配气机构

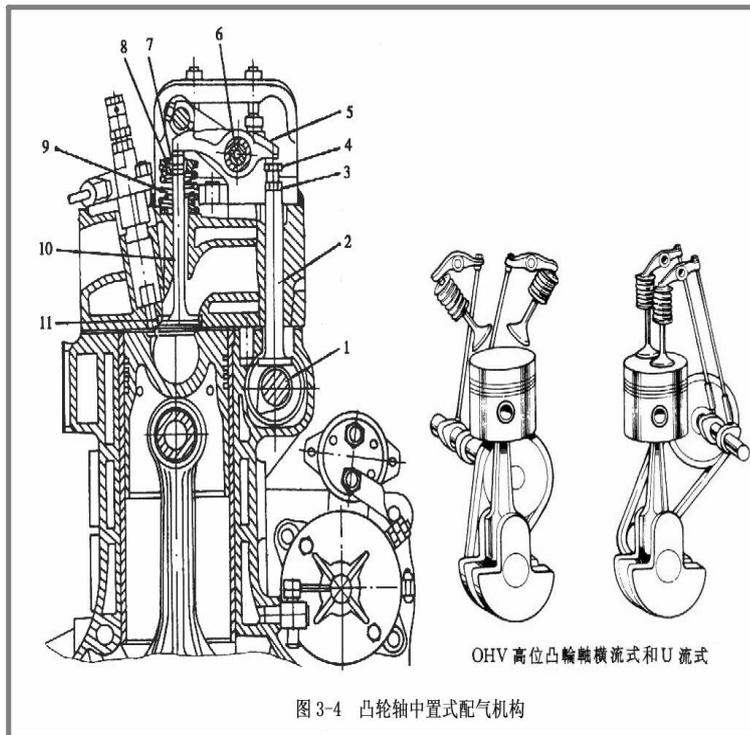


图 3-4 凸轮轴中置式配气机构

## 2. 凸轮轴顶置 (OHC: Overhead camshaft)

OHC 是顶置凸轮轴简称。

- SOHC: Single OHC — 单凸轮轴顶置
- DOHC: Double OHC — 双凸轮轴顶置

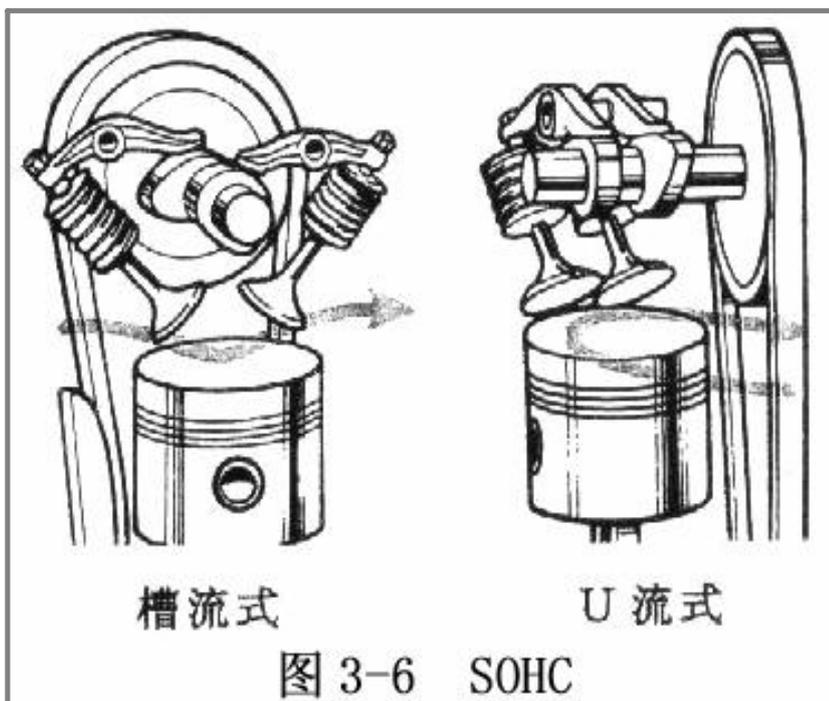
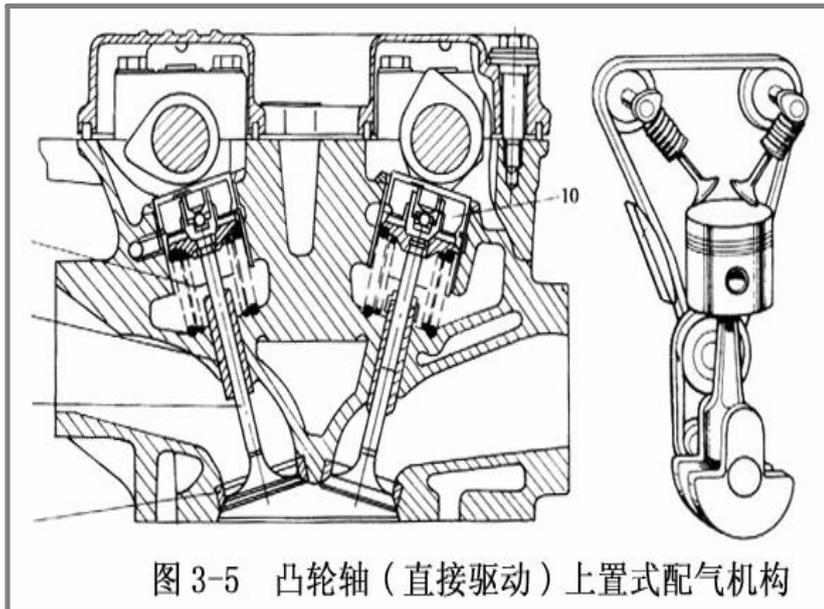
将凸轮轴布置于汽缸顶部 (图 3-5) 的优点: 去掉了推杆那样的往复运动部分, 而且凸轮直接与摇臂接触或直接驱动气门, 从而使发动机在高速旋转时也能准确地正时, 气门能平稳地开闭。当然, 由于凸轮轴位于汽缸上方很高的位置上, 增加了发动机的高度, 也使得曲轴与凸轮轴之间的转动要使用长的链条或皮带。为了保证正时、还需安装一些调节装置, 使机构变得复杂。

细分 SOHC 和 DOHC 的优缺点:

在 SOHC 的情况下 (见图 3-6), 左右分离的气门的头部通过摇臂等被间接地压动, 气门对凸轮旋转的随动性差, 难于高速旋转, 另外也因摆臂的关系, 气门的配置角度有限, 这也影响燃烧室形状的改变。

在 DOHC 的情况下 (见图 3-2), 不仅解决了上述缺点, 而且使一个汽缸四个气门成为可能, 具有气门面积增大, 惯性质量减小, 进气效率提高等优点, 可是, 如果凸轮轴为二根, 链条或皮带更复杂, 当然会造成发动机的重量增加和成本提高。

**总结: OHC——位于顶点的 OHC**



## 第二节 配气定时及气门间隙

### 一、气门动作的实际过程（见图 3-7）

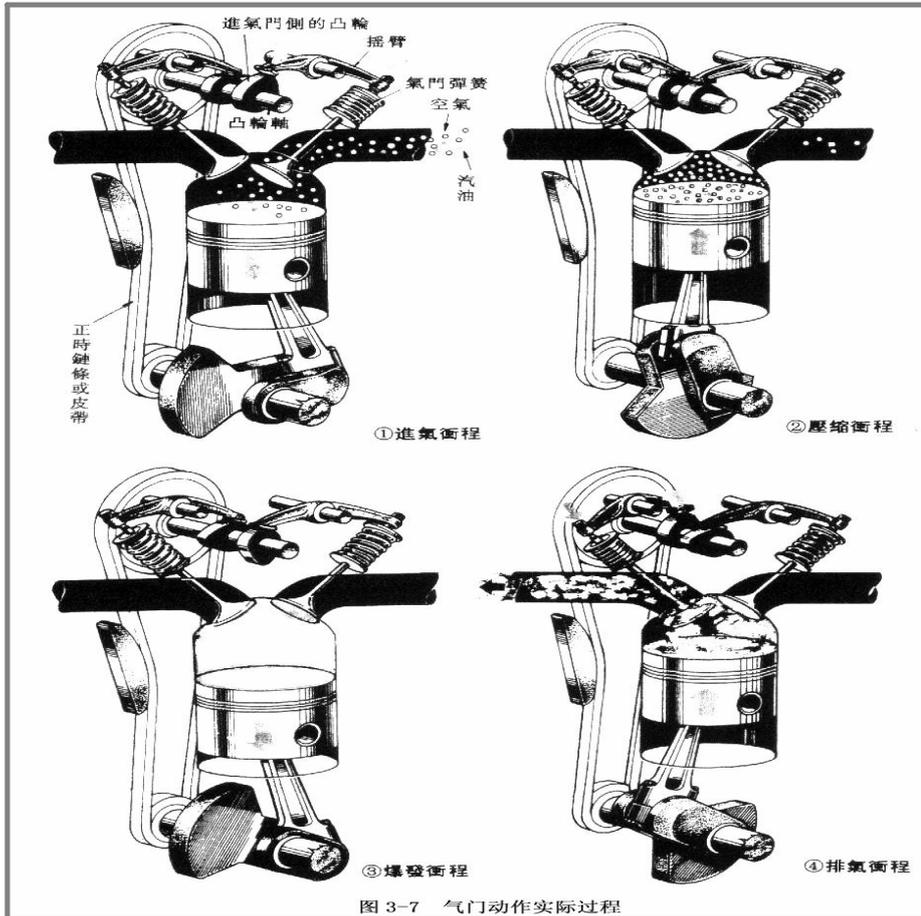


图 3-7 气门动作实际过程

### 1. 进气冲程

在活塞下降阶段，被一个凸轮顶出的摇臂压向进气门，气门打开。汽油和空气的混合气从进气口被大气压压入气门。

### 2. 压缩冲程

活塞下降结束，跟着开始上升。同时，凸轮轴以曲轴的 1/2 速度运转，这是因为曲轮皮带轮的直径是凸轮轴皮带轮直径的 1/2。二个凸轮的尖端都在哪个摇臂也没顶出的位置上，所以进排气门都在卷簧的力的作用下处于关闭状态，进气冲程的进气冲程中吸入的混合气被压缩。

### 3. 爆发冲程

在压缩冲程接近结束时，火花塞电火花点燃燃烧室内的混合气，混合气爆发，气体急剧膨胀，压下活塞，带动曲轴运转，产生动能。在这个过程中，凸轮不在顶出摇臂的位置上，两个气门仍处在关闭状态。

### 4. 排气冲程

活塞到达下止点位置上，再次开始上升，这样排气门方面的凸轮尖端转动，顶起摇臂。所以，排气门打开，开始排气。进气门方面的凸轮的尖端紧接其后动作，所以又后进气冲程开始重复相同的动作。

## 二、配气相位

以曲轴转角表示的进、排气门开闭时刻及其开启的持续时间称作配气相位（定时）。

配气相位可以用配气相位图来表示（见图 3-8）(动画效果演示)

1. 进气门提前开：进气冲程开始时，进气门接近全开，进气阻力小。用  $\alpha$  表示， $\alpha = 0^\circ \sim 30^\circ$

2. 进气门延迟关闭, 利用进气惯性多进气。

用  $\beta$  表示,  $\beta = 30^\circ \sim 80^\circ$

3. 排气门提前开: 先自由排气, 减少排气冲程时活塞上行阻力。

用  $\gamma$  表示,  $\gamma = 40^\circ \sim 80^\circ$

4. 排气门延迟关闭: 利用排气惯性, 使废气排得更干净。

用  $\delta$  表示,  $\delta = 0^\circ \sim 30^\circ$

由于进气门早开和排气门晚关, 致使活塞在上止点附近出现进、排气门同时开启的现象——气门重叠, 它等于进气提前角与排气迟后角之和 (即  $\alpha + \delta$ )。

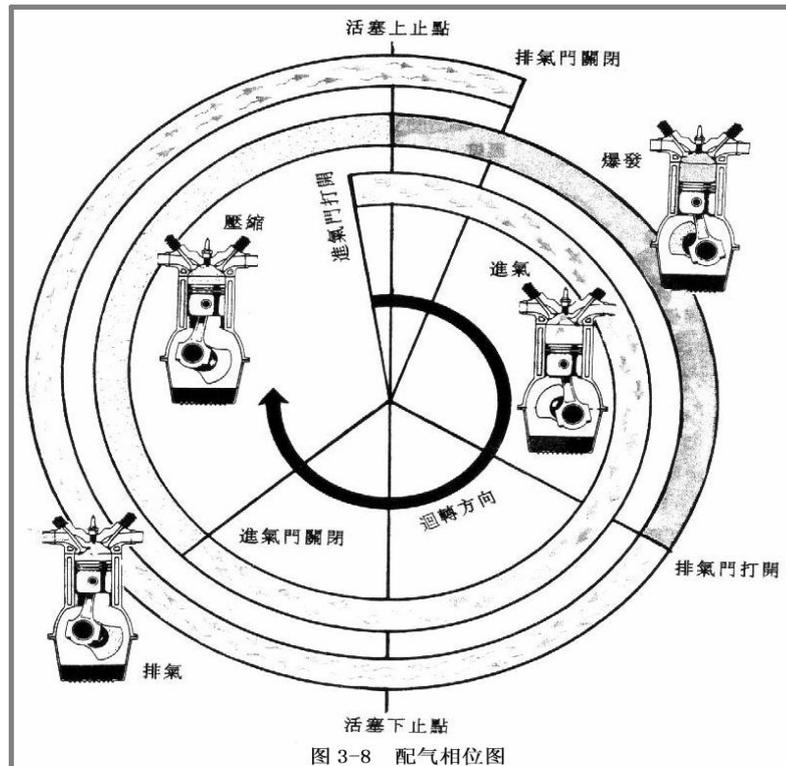
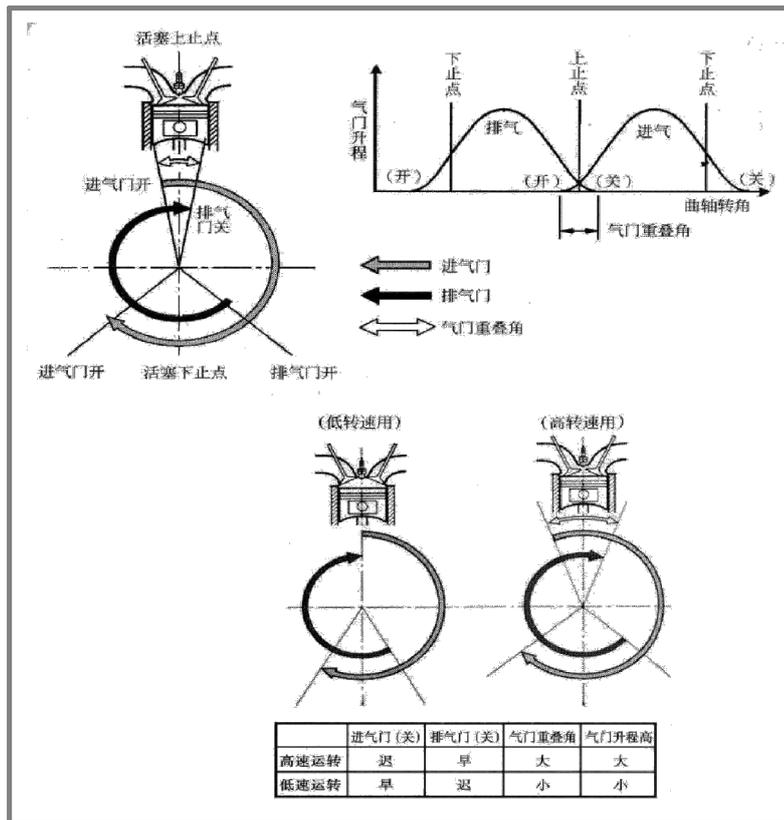


图 3-8 配气相位图



发动机在高速运转时气门重叠角大，低速运转时气门重叠角小。

### 三、气门间隙

气门间隙：发动在冷态下，当气门处于关闭状态时，气门与传动件之间的间隙。

发动机工作时，气门及其传动件，如挺柱、推杆等都将因为受热膨胀而伸长。如果气门与其传动件之间，在冷态时不预留间隙，则在热态下由于气门及其传动件膨胀伸长而顶开气门，破坏气门与气门座之间的密封，造成气缸漏气，从而使发动机功率下降，起动困难，甚至不能正常工作。为此，在装配发动机的时候，在气门与其传动件之间预留适当的间隙，即气门间隙。气门间隙不能过大，也不能过小。间隙过小，不能完全消除上述弊病；间隙过大，在气门与气门座以及各传动件之间将产生撞击和响声。

### 四、摆臂与气门间隙自动补偿器

如图 3-9 所示，即使是 DOHC，也有凸轮不直接压动气门杆头部，而通过摆臂来进行的，摆臂不是一般的杠杆方式，一方的端部用间隙调整装置支撑，间隙调整装置的内部有油和卷簧，自动地进行气门间隙调整。另外，它与一般型式不同，因为没有滑动部分，所示具有噪音小等优点。

间隙调整装置的实际动作原理：当气门打开时（见图 3-10），由于调整装置本体和柱塞内存油、所在油压的作用下，能保持柱塞不下降；当气门关闭时（见图 3-10），回位弹簧将柱塞顶上来气门间隙为零。

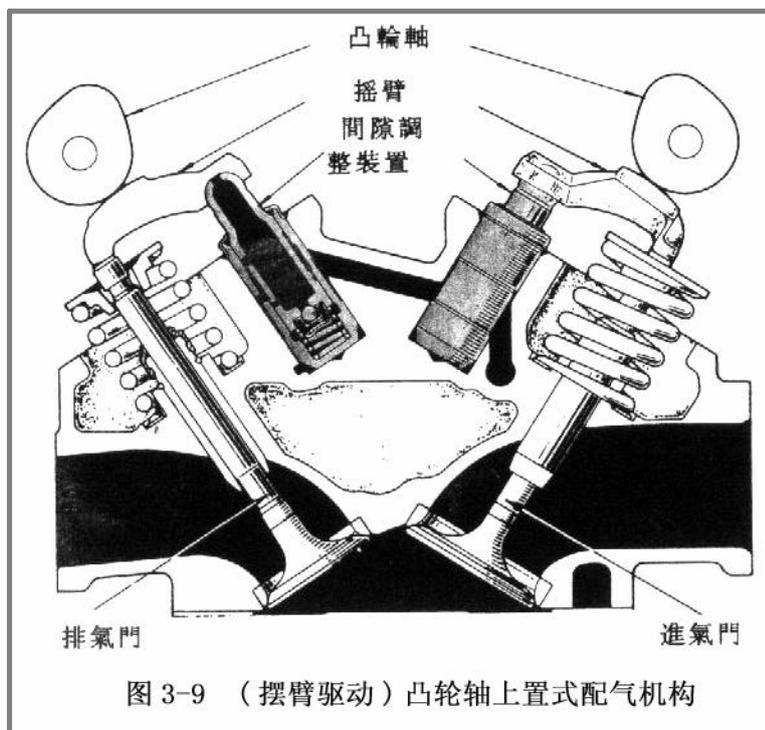


图 3-9 (摆臂驱动) 凸轮轴上置式配气机构



图3-10 气门间隙自动调节装置

### 第三节 气门组

#### 一、气门

1. 气门的工作条件：气门温度高（进气门为  $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，排气门为  $600\sim 800^{\circ}\text{C}$ ）；受冲击力大；润滑差，易腐蚀。

#### 2. 气门材料

根据气门的工作条件，要求气门材料应具有下列特性：

- 1) 耐热，而且具有良好的导热性
- 2) 在高温下仍能保持足够的强度和硬度，并耐冲击
- 3) 耐磨损和耐腐蚀

进气门一般用中碳合金钢制造，如铬钢，铬钼钢和镍铬钢等。排气门则采用耐热合金钢制造，如硅铬钢，硅铬钼钢，硅铬锰钢等。

3. 气门构造：进、排气门均为菌形气门，由气门头部和气门杆两部分组成（见图 3-11），气门顶面有平顶、凸顶和凹顶等形状（见图 3-12）。目前应用最多的是平顶气门。气门与

气门座或气门座圈之间靠锥面密封。气门锥角一般为  $45^\circ$ 、 $30^\circ$ （很少采用）。

4. 每缸气门数：

气门数	进气门数	排气门数	D (进) / D (排)	典型结构
2	1	1	>1	一般发动机
3	2	1	<1	丰田 A2E 等
4	2	2	>1	奥迪 V8 等 (见图 3-13)
5	3	2	<1	捷达 EA113 型等 (见图 3-14)

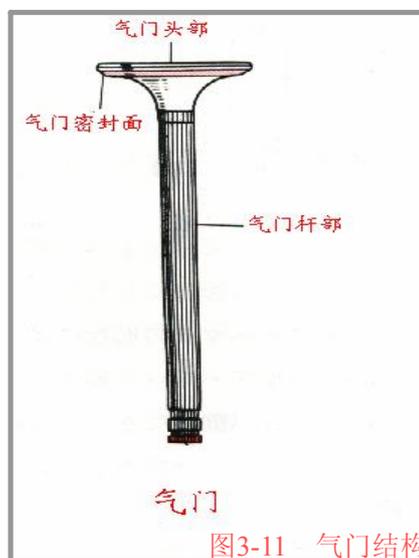


图3-11 气门结构

下图是直列 6 缸 DOHC 发动机所用的凸轮轴。右下图是直列 4 缸 SOHC 发动机所用的凸轮轴。进、排气门都排列在同一根轴上。

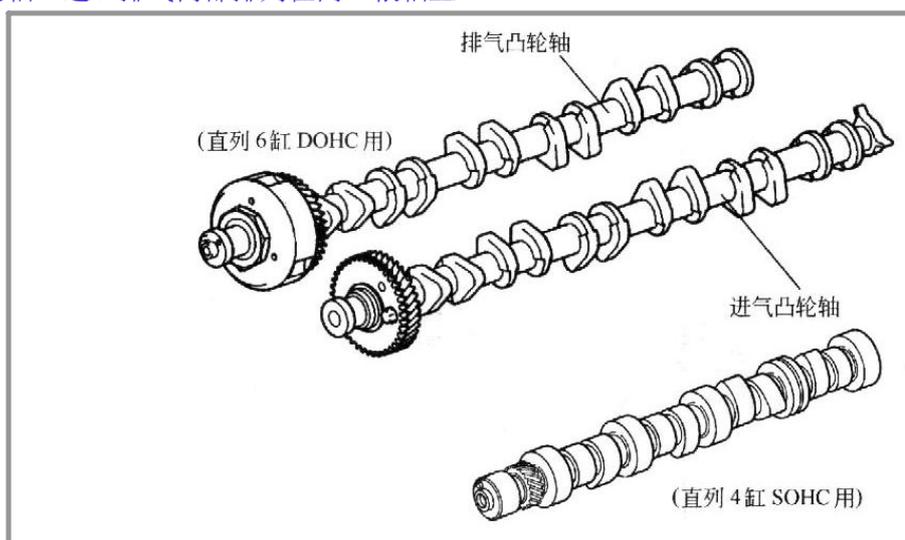


图 3-11 DOHC 所用凸轮和 SOHC 所用凸轮

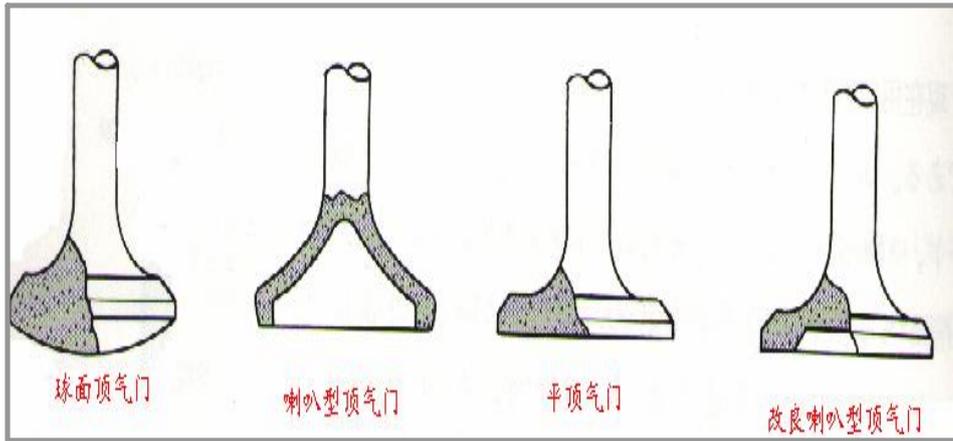


图3-12 气门顶面的形状

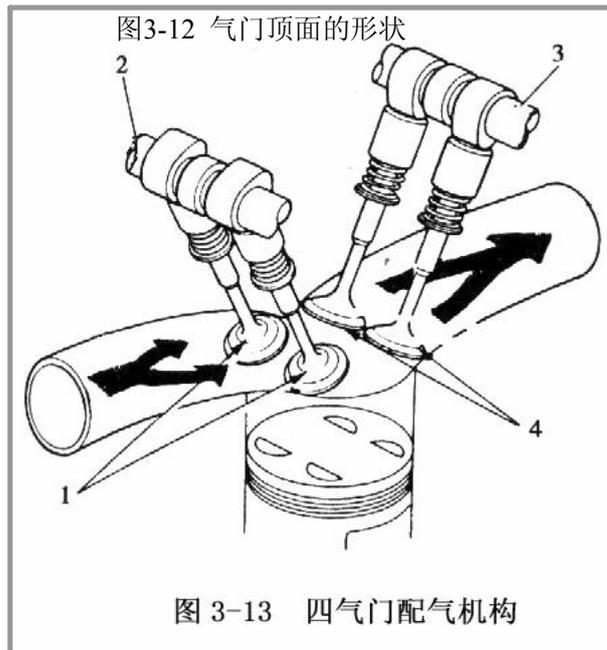


图 3-13 四气门配气机构

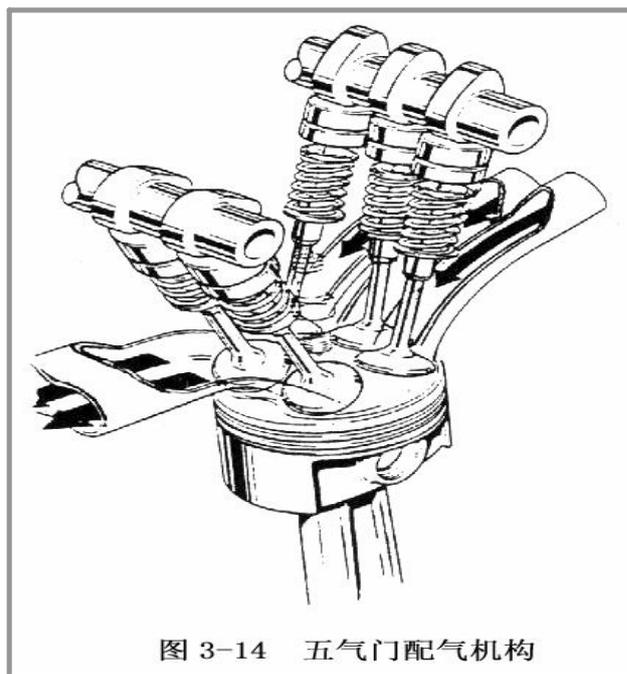


图 3-14 五气门配气机构

## 二、气门座与气门座圈

气缸盖上与气门锥面相贴合的部位称为气门座。气门座的温度很高，又承受频率极高的冲击载荷，容易磨损。在气缸盖上镶嵌气门座圈可以延长气缸盖的使用寿命。

## 三、气门导管

气门导管的功用是对气门的运动导向，保证气门作直线往复运动，使气门与气门座或气门座圈能正确贴合。此外，还将气门杆接受的热量部分地传给气缸盖。

气门导管工作温度较高，而且润滑条件较差，靠配气机构工作时飞溅起来的机油来润滑气门杆和气门导管孔。

四、气门弹簧：一般为等螺距圆柱形螺旋弹簧（见图 3-15）。但为避开共振，也采用变螺距气门弹簧。

气门弹簧的功用是保证气门关闭时能紧密地与气门座或气门座圈贴合，并克服在气门开启时配气机构产生的惯性力，使传动件始终受凸轮控制而不相互脱离。

## 五、气门旋转机构

当气门工作时，如能产生缓慢的旋转运动，可以使气门头部周向温度分布比较均匀，从而减小气门头部的热变形。同时，气门旋转时，在密封锥面的上产生轻微的摩擦力，能够清楚锥面上的沉积物。

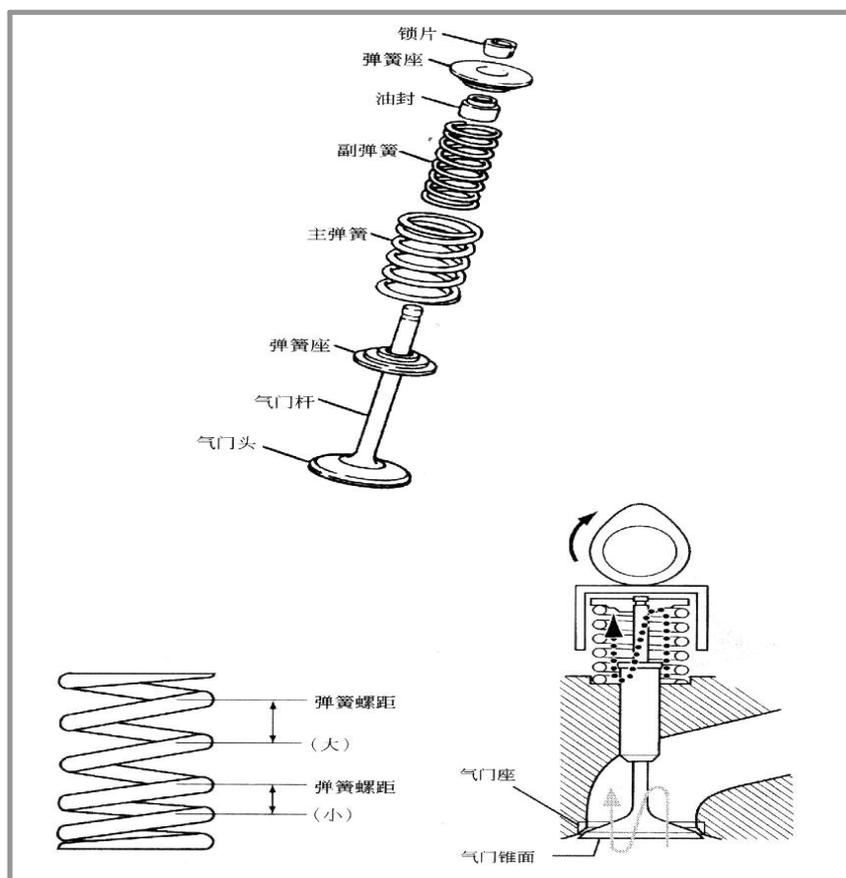


图 3-15 气门弹簧装配图

## 第四节 气门传动组

### 一、凸轮轴

#### 1. 凸轮轴工作条件及材料

2. 凸轮轴构造：如图 3—16 为凸轮轴的构造，它由凸轮轴轴颈，进、排气凸轮等组成。

进、排气门开启和关闭的时刻、持续时间以及开闭的速度等分别由凸轮轴上的进、排气凸轮控制。凸轮和凸轮轴采用整体制造，凸轮轮廓见图 3—17。

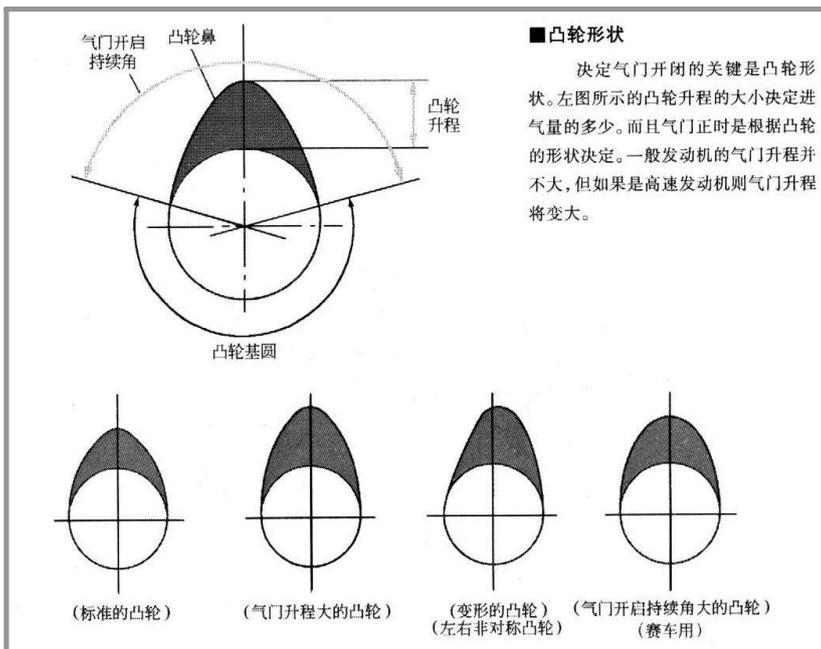
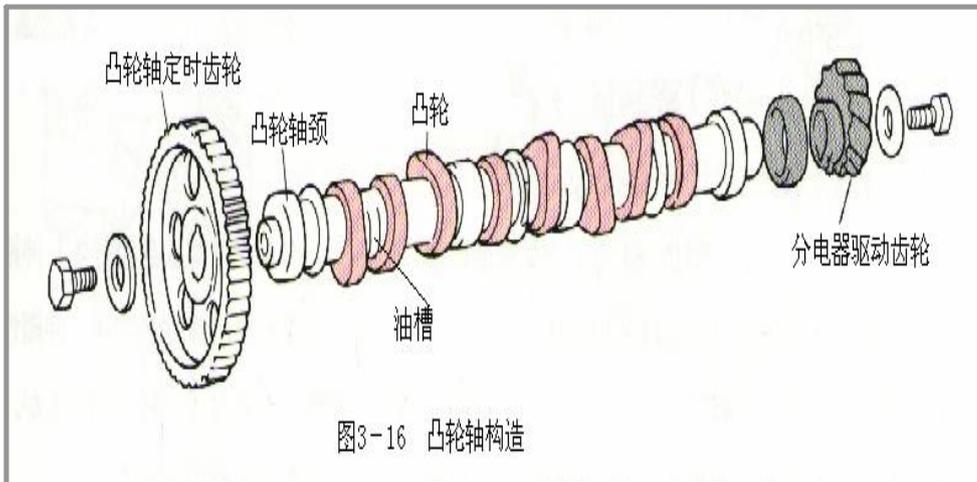
3. 凸轮轴传动机构：凸轮轴由曲轴驱动，其传动机构有齿轮式、链条式及齿形带式。

齿轮式传动机构用于下置式和中置式凸轮轴的传动。

链条式传动机构用于中置式和上置式凸轮轴的传动。

齿形带式传动机构用于上置式凸轮轴的传动。

#### 4. 凸轮轴的轴向定位



## 二、挺柱

气门挺柱位于凸轮与推杆之间，承受凸轮的动作。因此，挺柱是凸轮从动件。它可分为机械挺柱和液力挺柱两大类。

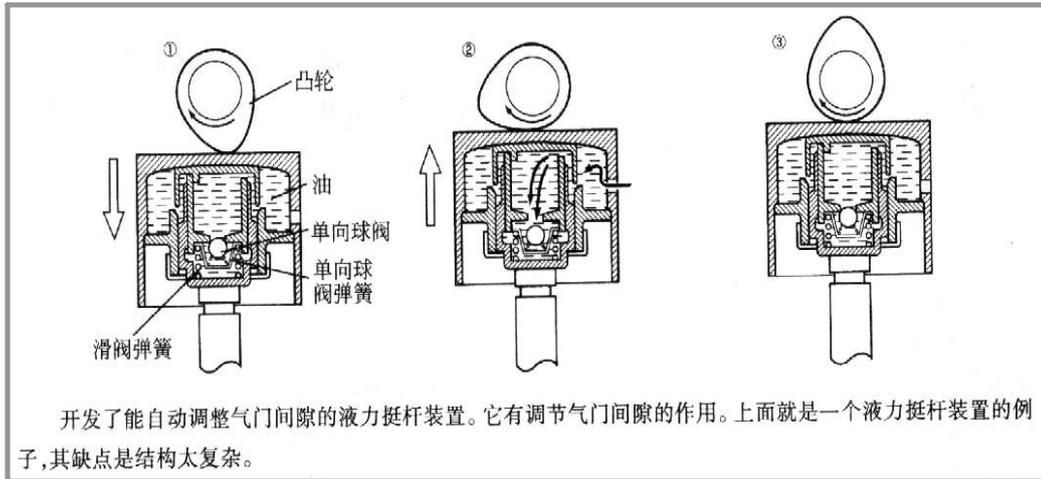


图 3-18 带有间隙自调整装置的气门挺柱-液力挺柱

#### 四、摇臂

从 DOHC 发动机开始, 凸轮直接驱动气门杆, 就是所谓的直动式, 但现在仍然还有摇臂式的 DOHC 发动机。摇臂式用的是杠杆原理, SOHC 和 DOHC 的不同之处在于摇臂轴位置不同。根据杠杆原理、凸轮鼻高度、气门升程等设定最好的摇臂轴位置。摇臂式的气门间隙易调整, 但结构复杂, 高速运动时摇臂存在弯曲问题。

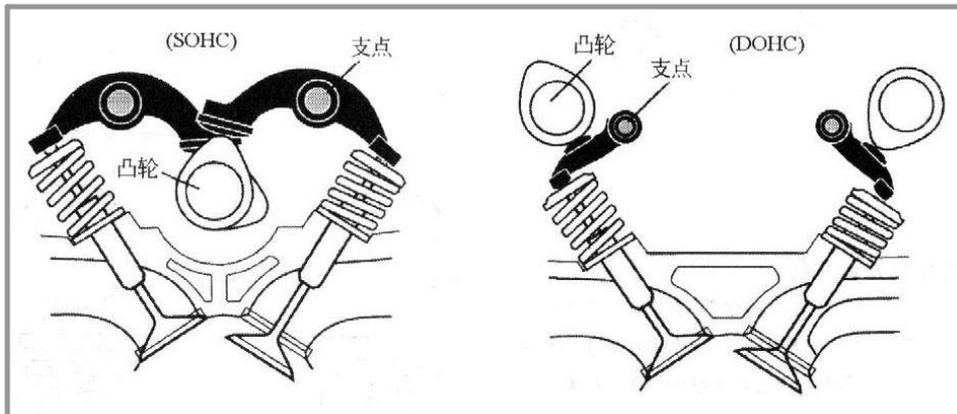


图 3-19 SOHC 和 DOHC 摇臂