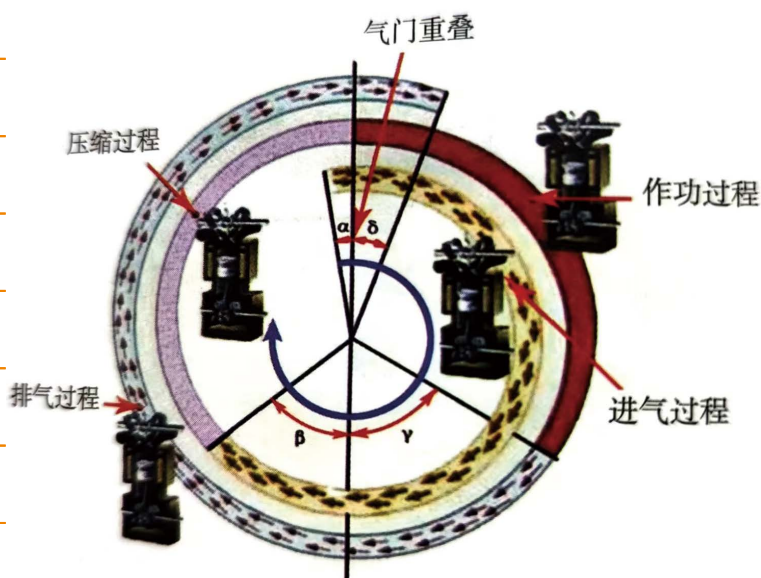


## 一、发动机行程的四个阶段

进气、压缩、做功、排气决定了配气相位的设计逻辑，配气相位则通过控制气门开闭时刻与持续角度，适配各行程的换气需求。

进气行程时气门提前开启延后关闭，提升进气效率；排气行程时气门提前开启延后关闭，保证废气排净；压缩和做功行程中气门则完全关闭，确保密封和动力输出。



## 二、四行程发动机的配气相位对应关系

### 1. 进气行程

进气提前角 ( $\alpha$ )：排气终了、活塞到达上止点前，进气门提前开启，对应曲轴转角  $10^\circ \sim 30^\circ$ 。

目的：进气行程开始时气门已有较大开度，提升充气量。

进气迟后角 ( $\beta$ )：活塞越过下止点（压缩行程开始）后，进气门延迟关闭，对应曲轴转角  $30^\circ \sim 60^\circ$ 。

目的：利用气缸内外压力差和气流惯性继续进气，避免进气倒流。

总进气持续角： $180^\circ + \alpha + \beta$ （通常  $> 240^\circ$ ）。

### 2. 排气行程



排气提前角 ( $\gamma$ ) : 做功行程后期、活塞到达下止点前, 排气门提前开启, 对应曲轴转角  $30^\circ \sim 60^\circ$ 。

目的: 利用缸内高压快速排出废气, 减少排气功率消耗, 防止发动机过热。

排气迟后角 ( $\delta$ ) : 活塞越过上止点 (进气行程开始) 后, 排气门延迟关闭, 对应曲轴转角  $10^\circ \sim 30^\circ$ 。

目的: 利用排气气流惯性排出残余废气。

总排气持续角: “ $180^\circ + \gamma + \delta$ ” (通常  $>240^\circ$ )。

### 3. 压缩 / 做功行程

压缩行程中活塞上行时, 进、排气门都处于关闭状态, 保证缸内混合气被充分压缩; 做功行程中燃气推动活塞下行, 气门也保持关闭, 确保压力不泄漏, 充分转化动力。