

## 第四章 汽油机混合气形成和燃烧

汽油机与柴油机相比主要有如下特点:

### 汽油机

- 1 点燃式。
- 2  $\tau_i$  影响小。
- 3 进入汽缸的是混合气, 混合时间长。
- 4  $T_{\max}$  高, 热负荷大。
- 5 压缩比低,  $\varepsilon = 6 \sim 10$ 。
- 6 有爆燃问题。
- 7 组织气流运动的目的是为了加速火焰传播, 防止爆燃。

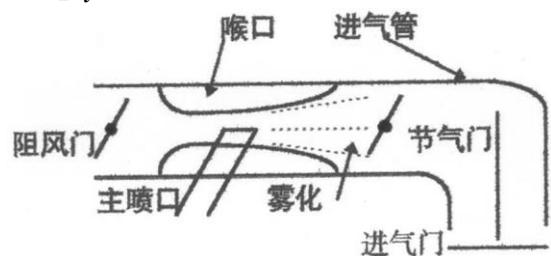
### 柴油机

- 1 压燃式。
- 2  $\tau_i$  影响大。
- 3 进入汽缸的是新鲜空气, 混合时间短。
- 4  $p_{\max}$  高, 机械负荷大。
- 5 压缩比高,  $\varepsilon = 12 \sim 22$ 。
- 6 有工作粗暴问题。
- 7 组织气流运动的目的是为了促进燃油与空气更好地混合。

### § 4-1 汽油机混合气形成

#### 一、混合气形成过程

- 1 喉口流速  $\uparrow \rightarrow P \downarrow \rightarrow$  雾化效果  $\uparrow$
- 2 节气门开度  $\uparrow \rightarrow$  喉口真空度  $\Delta p_n \uparrow$ , 进气管真空度  $\Delta p_i \downarrow$   
 $\rightarrow$  从  $\Delta p_n < \Delta p_i$  到  $\Delta p_n > \Delta p_i$
3. 节气门开度一定,  $n \uparrow \rightarrow \Delta p_n \uparrow, \Delta p_i \uparrow$
4. 节气门开度  $\downarrow, n \uparrow \rightarrow \Delta p_n \uparrow \rightarrow$  蒸发性  $\uparrow$   
 进气温度  $\uparrow \rightarrow$  蒸发性  $\uparrow$



#### 二、理想化油器特性与供油系校正

##### (一) 理想化油器特性

各种工况下满足最佳性能要求的理想混合比 — 试验结果。

##### 1 影响因素

- (1) 转速  $n$  — 影响较小。
- (2) 负荷 — 影响大。

$$2 \text{ 空燃比 } A/F = \frac{\text{空气质量}}{\text{燃料质量}}$$

经济混合气  $A/F = 17$

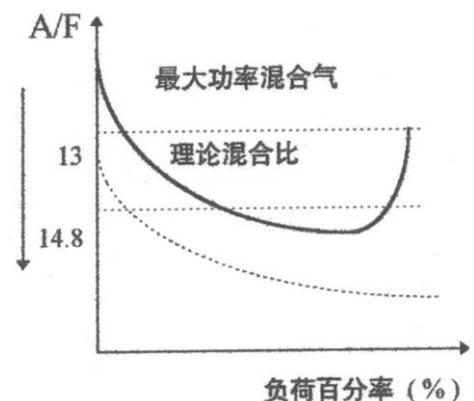
功率混合气  $A/F = 12 \sim 14$

怠速混合气  $A/F = 10 \sim 12.4$

(1) 常用工况 — 中等负荷要求提供经济混合气。

(2) 负荷  $> 90\%$  以及怠速, 低速下 — 加浓。

##### (二) 简单化油器特性

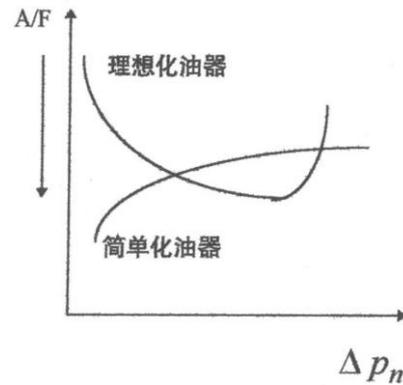


单纯依靠喉口真空度  $\Delta p_n$  决定供油量的化油器。

节气门开度变化  $\rightarrow A/F$  变化

$\Delta p_n \uparrow \rightarrow A/F \downarrow$  — 混合气浓

与理想化油器有差异, 不能满足汽油机要求。



### (三) 主供油系校正

渗入空气法:

原因:  $\Delta p_n \uparrow \rightarrow \frac{d\dot{m}_F}{dt} > \frac{d\dot{m}_A}{dt}$

改善措施:  $\Delta p_n \uparrow \rightarrow \dot{m}_F \downarrow, \dot{m}_A \uparrow$  (主要方法)

加入泡沫管

开始工作时 — 简单化油器。之后,  $\Delta p_n \uparrow \rightarrow$  泡沫孔起作用。

第一排孔 —  $\dot{m}_F \uparrow \rightarrow A/F \downarrow$

第二排孔 —  $\dot{m}_F \downarrow \rightarrow A/F \uparrow$

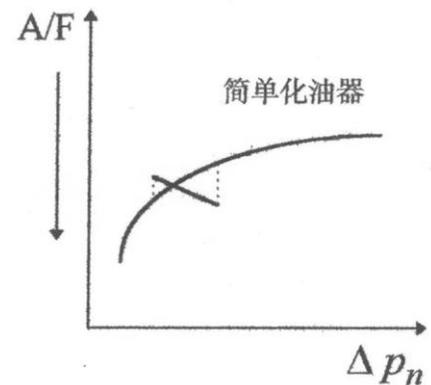
### (四) 满负荷加浓与怠速加浓

经主供油系统校正后,

负荷  $\uparrow \rightarrow \Delta p_n \uparrow \rightarrow A/F \uparrow$ 。

满负荷时 — 要求  $A/F \downarrow$

怠速时 — 要求  $A/F \downarrow$



#### 1 满负荷加浓

加浓装置 — 机械省油装置和真空省油装置。

节气门开度 80~85%,  $\Delta p_n \downarrow$  一定程度开始起作用。

#### 2 怠速加浓

怠速加浓系统  $\rightarrow$  可使怠速  $n \downarrow$

## 三 燃料调整特性

在一定节气门开度和一定转速下, 有效功率  $N_e$ 、有效比油耗  $g_e$  随发动机燃料消耗量  $G_T$  或过空气系数  $\alpha$  的变化关系。

1 调节: 化油器主量孔针阀位置或浮子室真空度以改变化油器的供油量。

2 记录:  $G_T$  和  $N_e$ 、 $g_e$ 。

3 得:  $N_e = f(G_T)$ ,  $g_e = f(G_T)$  曲线

4 曲线:

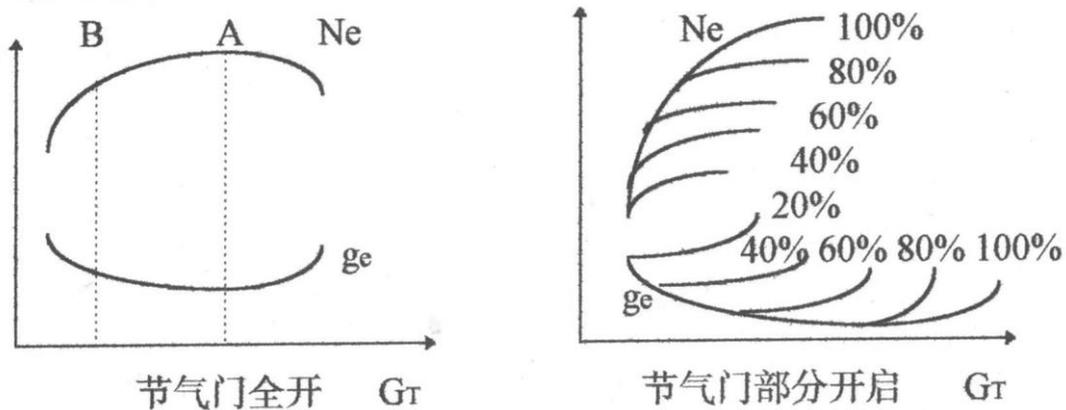
(1) 节气门全开 A — 功率混合气

B — 经济混合气

(2) 节气门部分开启

A 做出不同节气门开度下的  $N_e = f_1(G_T)$ ,  $g_e = f_2(G_T)$  曲线。

## B 做两组曲线的包络线 — 理想负荷特性



### 5 主量孔、空气量孔的调节和确定

作不同主量孔及空气量孔尺寸的负荷特性试验，选择与理想负荷特性曲线拟合最好的作为主量孔和空气量孔的定型尺寸（配剂尺寸）。P115 图 4-12。

但转速不同，该配剂尺寸很难保证化油器在所有转速下均与理想负荷特性拟合好，这是化油器式发动机不能很好地与车用性能匹配的关键所在。

## 四、化油器变工况运行

### 1 加速过程

#### (1) 急加速

$$\text{节气门突然开大} \rightarrow \frac{d\dot{m}_A}{dt} > \frac{d\dot{m}_F}{dt}$$

油量增大滞后，导致 $\alpha \uparrow$ ，混合气变稀， $M_e$ 反而下降，不能满足车用。因此加设加速系统 — 加速泵，瞬间向缸内额外喷油。

#### (2) 稳定加速 — 加速泵不起作用。

### 2 急减速过程

节气门突然关闭  $\rightarrow \alpha \downarrow$ ，混合气瞬间变浓。设置节气门缓冲器，以减慢节气门关闭速度。

### 3 起动过程

起动需浓混合气，但此时 $v \downarrow \rightarrow \Delta p_n \downarrow$ ，可能吸不出油，加之喉口速度 $\downarrow$ ，雾化差，油滴沉积严重，使 $\alpha \uparrow$ ，混合气稀。

起动需  $\alpha = 0.4 \sim 0.5$ ， $A/F = 3 \sim 9$  的浓混合气。

设置阻风门 — 关闭  $\rightarrow \Delta p_n \uparrow \rightarrow$  主油系，怠速油系，加速油系同时供油  $\rightarrow$  混合气变浓。

### 4 多喉口与多腔化油器

多重喉口，多腔化油器 — 主副腔

小喉口 — 雾化好

大喉口 — 保证进气

主腔 — 小流量

主、副腔 — 大流量

## 五、大气条件对化油器使用的影响

海拔高度 $\uparrow \rightarrow \rho_{\text{空气}} \downarrow \rightarrow \alpha \downarrow$ 。

海拔高度 $\uparrow 1000 \text{ m} \rightarrow \alpha \downarrow 5.6\%$ 。

大气温度 $\uparrow \rightarrow \rho_{\text{空气}} \downarrow \rightarrow \alpha \downarrow \rightarrow$  经济性 $\downarrow$ , 排放多。

## 六、汽油喷射

(一) 化油器式发动机的不足之处:

- 1 部分负荷时节流损失大
- 2 不可能在各种工况下均提供最佳混合比
- 3 对大气条件和环境适应性差
- 4 仅提供均质混合气
- 5 油膜流动 — 各缸混合气分配不均匀

(二) 分类

### 1 缸内喷射

喷咀开启压力  $3\sim 5 \text{ [ Mpa ]}$

进气过程上止之后  $30\sim 50^\circ$  — 开始喷油。

压缩冲程上止点 — 停止喷油。

喷油持续近 2 冲程 — 火花点火, 火焰传播。

### 2 进气管内喷射

(1) 单点喷射

大喷咀位于节气门之前的化油器位置, 安装空气计量装置和电子控制喷油装置, 可以克服 1~4 的不足, 但 5 仍存在。

(2) 多点喷射

小喷咀安装于各个进气歧管之中, 可克服 1~5 的不足, 但结构复杂, 成本高。

## § 4-2 汽油机的燃烧过程

### 一、汽油机的正常燃烧

电火花点燃均匀的可燃混合气, 形成火焰中心, 并且火焰从此中心按一定的速率 (一般为  $20\sim 60 \text{ m/s}$ ) 连续地传播到整个燃烧室空间, 在此期间火焰传播速率, 火焰前锋形状均没有急剧的变化, 称之为正常燃烧。

正常燃烧分三个阶段。

(一) 着火延迟期  $\tau_i$  ( 或着火延迟角  $\varphi_i$  ) 1—2

从电火花跳火  $\rightarrow$  形成火焰中心。

1 点以前为压缩过程, 缸内压力升高不大。

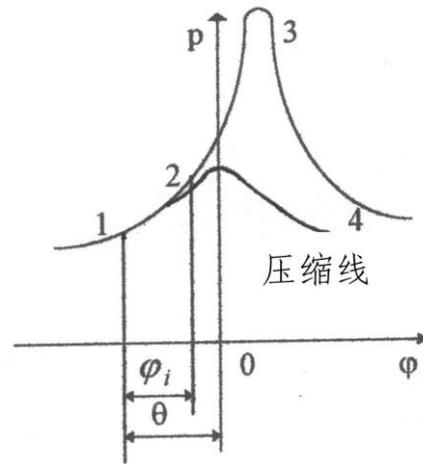
1 — 火花塞跳火。

## 2 — 缸内压力脱离压缩线开始急骤增高。

点火提前角 $\theta$  — 1点 → 上止点的曲轴转角。

为什么要提前：因为要使着火在上止点附近完成，压力最高点出现在上止点后某一角度。

火花塞在1点跳火之后，并不马上形成火焰中心（虽然此时着火的物理准备过程已比较充分，但化学准备——氧化反应尚需一定的时间，哪怕这一时间再短）。根据高速摄影表明在1点出现第一次亮点后（火花），到2'点出第二次亮点（火焰中心已形成，但缸内压力并不是在此时急骤升高），这一段占整个燃烧过程的15%左右。但一般我们是按气缸内的压力线开始与压缩压力线分离的2点来计算的。2'和2点相差甚微，并且和底片的感光性能与测压仪的灵敏度有关（与测试手段的精密度有关）。所以，我们把2'点看做与2点重合，即在2点才形成火焰中心，并立即使压力脱离压缩线急骤升高。



### （二）火焰传播期（急燃期） 2—3

这一阶段为燃烧过程的主要阶段。

在此时间内，火焰迅速传遍整个燃烧室，混合气的绝大部分在此时期内完成燃烧（80%以上），燃料的热能绝大部分在此时间内放出（这与柴油机不同，柴油机随喷随燃，在上止点以后还在向缸内喷入燃料）。缸内压力、温度迅速升高，

$\frac{\Delta p}{\Delta \varphi} = 0.2 \sim 0.4 \text{ Mpa} / \text{deg CA}$ ， $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$ 代表工作粗暴的程度，它与

火焰传播速率 $u_s$ 有关。

$$u_s \uparrow \rightarrow \frac{\Delta p}{\Delta \varphi} \uparrow。$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta \varphi} \uparrow \uparrow \rightarrow p_{\max} \uparrow \uparrow \rightarrow \text{工作粗暴，噪声} \uparrow。$$

但 $u_s \uparrow \rightarrow$ 不正常燃烧趋势 $\downarrow$ 。

气流运动 $\uparrow \rightarrow u_s \uparrow$

所以，在汽油机中，火焰传播速率是一个重要参数，它直接影响不正常燃烧的抑制，从而影响发动机的功率、效率和使用寿命。

3点为 $p_{\max}$ 点，3'点为 $T_{\max}$ ，往往3'点与3点重合。

若取放热效率骤然下降的时刻作为急燃期的终点则更合理（3点稍后一点），但这一点不易确定，故我们通常以使 $p_{\max}$ 的3点作为急燃期的终点。

3点的到来时刻非常重要，太早，则压缩负功 $\uparrow \rightarrow \eta_t \downarrow$ 。太迟，则热量利用 $\downarrow \rightarrow \eta_t \downarrow$ 。

因为汽油机的燃烧与柴油机不同，可以人为控制，故可用调整点火提前角

的方法来调整 3 点的到达时刻。

注意：示功图的上下止点不容易测，目前全世界尚无一准确、标准、权威的测量方法。

### （三） 补燃期 3—4

3 点 → 燃料基本燃烧完的 4 点。

3 点过后，燃烧速度下降，活塞下行，使  $p \downarrow$ ，在 3 点过后的燃烧主要为

- 1 在火焰传播期火焰前锋面没有燃烧掉的燃料继续燃烧。
- 2 粘附在缸壁上的混合气层继续燃烧。
- 3 由于汽油机燃烧温度高，高温分解严重。产生的  $H_2$ ， $O_2$ ， $CO$ ，在补燃期内，由于温度降低，重新燃烧生成  $CO_2$ ， $H_2O$ ，放出热量。

补燃  $\uparrow \rightarrow \eta_t \downarrow$ ， $T_{排} \uparrow$ ，热负荷  $\uparrow$ ，经济性  $\downarrow$ 。

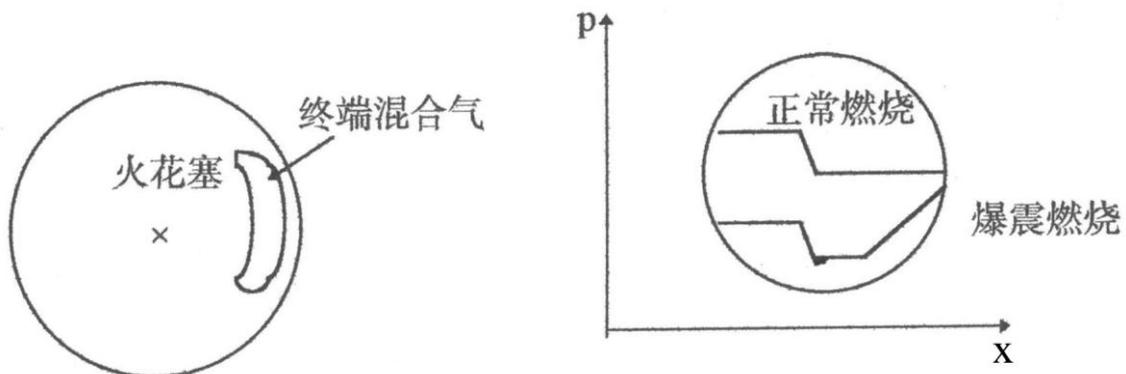
希望补燃期  $\downarrow$ 。但汽油机不象柴油机随喷随燃，燃料在  $p_{max}$  以后还有喷入，补燃情况要小得多。

总结：为了保证汽油机工作柔和，动力性好，一般应使 2 点处于上止点前  $12^\circ \sim 15^\circ$ 。3 点处于上止点后  $12^\circ \sim 15^\circ$ ， $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi} = 0.175 \sim 0.25 \text{ Mpa / deg CA}$ 。

## 二、汽油机的不正常燃烧

### （一） 爆震燃烧

#### 1 爆震燃烧



汽油机在运转过程中有时会听到气缸内有明显的金属敲击声。这种声音如果持续较长时间以后，会引起发动机的功率  $\downarrow$ ，冲击载荷  $\uparrow$ ，摩擦  $\uparrow$ ，热负荷  $\uparrow$ ，使用寿命  $\downarrow$ ，排气冒烟，经济性  $\downarrow$ 。

根据对发动机理想循环的分析，我们知道  $\epsilon \uparrow \rightarrow \eta_t \uparrow$ 。但  $\epsilon \uparrow$ ，则爆震倾向  $\uparrow$ ，限制了  $\epsilon$  的提高。

所以，克服爆燃现象，是汽油机的重要议题之一。

#### 2 产生的原因 — 终端混合气自燃

电火花点火后，火焰以正常的传播速度  $20 \sim 60 \text{ m}$  向前推进，未燃混合气受到强烈的压缩和热幅射。处于最后燃烧位置上的那部分终燃混合气 (End gas)，由于热幅射作用，促使先期反应加速进行，并放出部分热量，又使本身的温度不断升高，以致在正常火焰尚未到达时，终端混合气最适于发火的部位已经形成

了一个或几个火焰中心。以远大于正常燃烧火焰前锋面推进的速度向周围传播。

轻微爆燃 —  $u_s = 100 \sim 300$  [ m/s ]

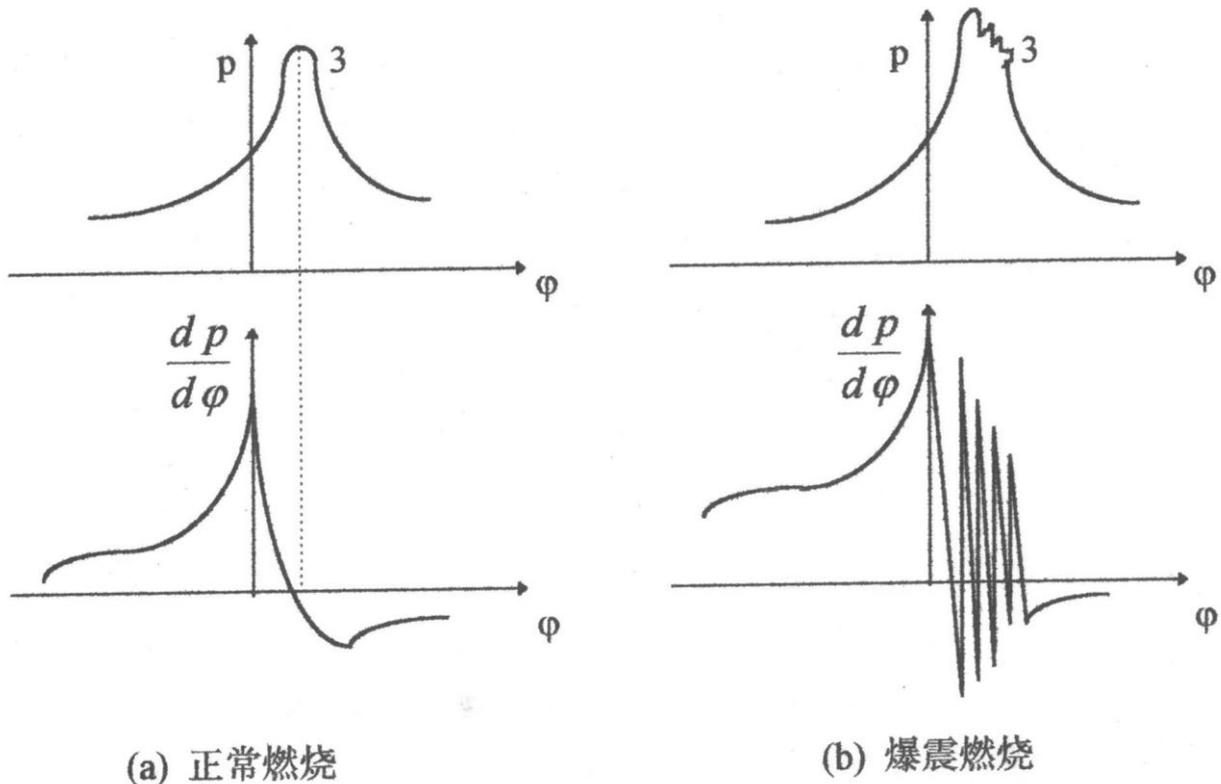
强烈爆燃 —  $u_s = 800 \sim 2000$  [ m/s ]

爆燃使终端混合气迅速燃烧完毕。由于爆燃使局部压力突然增加，而形成强烈的压力冲击波：冲击波撞击到燃烧室壁面上就会发生金属敲击声。强烈时会引起发动机振动。

若自燃区占整个燃烧室容积的 5%，则为强烈爆燃。

### 3. 示功图的比较

#### (1) 正常燃烧与爆震燃烧的比较



(a) 正常燃烧

(b) 爆震燃烧

a  $\frac{dp}{d\phi}$  在上止点附近为最高，过上止点后，压力升高慢（由于  $v \uparrow$ ），

虽然  $\frac{dp}{d\phi} > 0$ ，但  $\frac{d^2p}{d\phi^2} < 0$ （曲线向下），到了 3 点， $p_{\max}$ ， $\frac{dp}{d\phi} = 0$

b  $p_{\max}$  已高于正常燃烧的  $p_{\max}$ ，在 3 点后， $p$  波动很大，使  $\frac{dp}{d\phi}$  忽正忽负。

破坏了正常的示功图，使  $Pe \downarrow$

#### (2) 汽油机爆燃与柴油机工作粗暴性的比较

汽油机的爆燃现象就是终端混合气的自燃现象，它与柴油机的工作粗暴性，在燃烧本质上是一致的，均是可燃混合气自燃的结果。但两者发生的部位不一致。

柴油机工作粗暴发生在急燃期的始点，

使  $\frac{dp}{d\phi} \uparrow \uparrow \rightarrow p_{\max} \uparrow \uparrow$ 。而汽油机的爆燃是发

生在急燃期的终点, 故  $p_{\max} \uparrow$  不是非常大。气缸内压力有冲击现象。

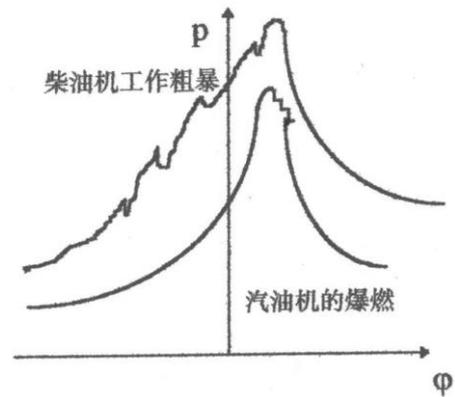
就这一点而言, A 优良的柴油,

十六烷值  $\uparrow \rightarrow$  自燃性  $\uparrow \rightarrow \tau_i \downarrow \rightarrow \frac{dp}{d\phi} \downarrow$ ,

$p_{\max} \downarrow$ ,

但对汽油机: 由于初期燃烧不剧烈, 使  $u_s \downarrow \rightarrow$  爆燃趋向  $\uparrow$ , B 优良的汽油, 使  $u_s \uparrow \rightarrow$  爆燃趋向  $\downarrow$ ,

对柴油机  $\frac{dp}{d\phi} \uparrow$ ,  $p_{\max} \uparrow$ 。



所以, 对汽油机而言的优良燃料, 对柴油机就是最差的, 反之亦然。

#### 4. 造成的危害

爆燃出现后, 使正常规则的火焰前锋面发生急骤的扭曲。

##### (1) 压力脉冲

正常 —  $\frac{\Delta p}{\Delta \phi} = 0.2 \sim 0.4 [Mpa / deg CA]$

爆燃 —  $\left( \frac{dp}{d\phi} \right)_{\max} = 0.2 [Mpa / degCA]$

可见压力波动之巨。压力的突变产生在容积的某一局部, 汽缸内压力来不及平衡, 也就是说这时的化学反应速率远远大于气体膨胀的速率, 从而形成强烈的压力脉冲, 并以极高的速度 (1000 m/s 左右) 向周围推进。

##### A 噪声

压力脉冲在汽缸壁面、活塞顶面及缸盖底面之间来回反射, 强迫汽缸壁等零件振动而产生高频噪声, 其频率在 5000 Hz 以上。

##### B 零件寿命 $\downarrow$

爆燃使缸内压力增加, 活塞, 汽缸壁, 汽缸盖等零件机械荷  $\uparrow$ , 若爆燃时间长, 则零件寿命  $\downarrow$ 。

压力脉冲破坏了壁面上的层流边界层。层流边界层有隔热作用, 缸内温度可达 2000°C (爆燃时, T 会更高), 而壁面温度只有 200~300°C, 之所以如此, 主要是层流边界层在起作用。但层流边界层被破坏, 使导热量  $\uparrow$ , 则

热应力  $\uparrow \rightarrow$  零件寿命  $\downarrow$

热损失  $\uparrow \rightarrow \eta_t \downarrow$

冷却水, 机油温度  $\uparrow \uparrow \rightarrow$  润滑  $\downarrow \downarrow \rightarrow$  零件磨损  $\uparrow \uparrow$

磨损量可达正常燃烧的 27 倍。

##### (2) 高温分解

按提高循环热效率的热力学观点看，爆燃接近于等容燃烧，热利用好，是人们所希望的，事实上也是如此，当轻微爆燃，发动机的热效率可以有所提高，平均有效压力亦有所增长。

但在强烈爆燃时，会使局部温度 $\uparrow\uparrow$ ，出现高温分解，生成 $\text{CO}$ ， $\text{H}_2$ ， $\text{O}_2$ ， $\text{NO}$ 等，严重时析出游离炭粒，这就是爆震时可能排气冒烟的原因。使油耗 $\uparrow\uparrow$ ，且热效率反而会下降。产生出的炭粒又会形成累积，破坏活塞，活塞环，火花塞和气缸的正常工作。爆燃还会促使表面点火的发生。

## (二) 表面点火

在火花点火式发动机中，凡是不依靠电火花点火，而是由于炽热表面（如过热的绝缘体电极、排气阀，尤其是燃烧室表面炽热的沉积物）点燃混合气的不正常燃烧现象，均称为表面点火或炽热点火。

这类表面点火现象较多出现在 $\varepsilon \geq 9$ 的强化汽油机上，目前由于控制排放等要求，汽油机 $\varepsilon$ 大都降到9以下，因此对表面点火的重视程度已下降。

### 1 非爆燃性表面点火

#### (1) 后火

在火花塞点燃混合气以后，炽热表面才点燃混合气的现象。形成火焰中心，但火焰传播速度正常，虽有时可使补燃 $\uparrow$ ，但影响不大，发动机后火，则在断火的下，仍继续运转。

#### (2) 早火

发生在火花塞点火以前，火焰传播速度很高， $\frac{dp}{d\phi} \uparrow\uparrow$ ， $p_{\max} \uparrow\uparrow$ （颇似柴油机工作粗暴）。早火太早，则使压缩末期负功增大，热效率 $\downarrow$ ，功率损失 $\uparrow$ ，功率 $\downarrow$ 。单缸早火，往往会导致停车。多缸早火，会使 $N_e \downarrow$ ，工作粗暴，寿命 $\downarrow$ 。

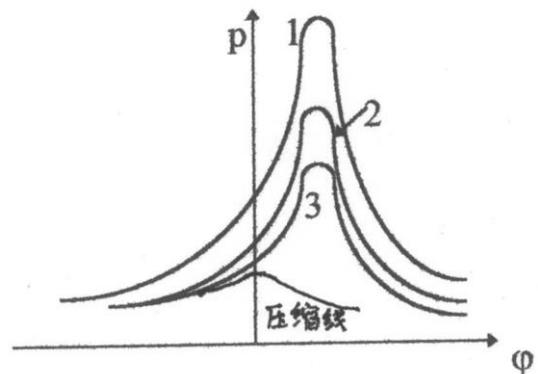
非爆燃性表面点火，大体是在发动机按高速、高负荷长时间运转以后，火花塞绝缘体，电极或排气阀高温所引起（不包括积炭）。

### 2 爆燃性表面点火（激爆）

早火积炭引起，往往是多点早火，危害很大， $\frac{dp}{d\phi}$ 可比正常值高5倍， $p_{\max}$ 可比正常高150%。

总结：由上所述，爆燃与表面点火是两种完全不同的不正常燃烧现象，爆燃是在电火花点火以后，终端混合气的自燃现象，而表面点火则是炽热表面点燃混合气所致。然而，它们之间存在着某种互相促进的内在关系。

爆燃促使以后循环的炽热表面易点火，而表面点火亦促使循环的爆燃倾向增加。



- 1 早火,  $\frac{dp}{d\phi} \uparrow$ ,  $p_{\max} \uparrow$
- 2 正常
- 3 后火  $p_{\max} \downarrow$ , 且出现晚、补燃 $\uparrow$

### (三) 续走

发动机在断火和节气门关闭后仍继续运转。断火、并关闭节气门后,  $n \downarrow$ , 进气少, 废气回流使  $T \uparrow$ 。怠速时, 冷却水又冷却不良, 使缸内  $T \uparrow$ , 从而使混合气自燃。

三种不正常燃烧, 主要是爆震燃烧。

## 三 使用因素对燃烧过程的影响

### (一) 点火提前角 $\theta$

点火提前角 $\theta$ 的有效调整可以使我们获得较为完美的示功图,  $\theta$ 对燃烧过程影响很大, 可以通过人为进行控制。

$p-\phi$ 图, 在节气门全开, 标定转速, 混合气成份不变时, 调整 $\theta$ , 得到三条曲线。

在 $\theta_1$ 下得曲线 1

在 $\theta_2$ 下得曲线 2

在 $\theta_3$ 下得曲线 3

1  $\theta = \theta_1$ , 较大。这时, 点火提前较多。  $p_{\max}$  出现在上止点附近。

压缩负功 $\uparrow \rightarrow$  损失 $\uparrow \rightarrow \eta_t \downarrow$

压缩负功 $\uparrow \uparrow \rightarrow$  损失 $\uparrow \uparrow \rightarrow$  单缸汽油机易熄火。

初期放热 $\uparrow \rightarrow \frac{dp}{d\phi} \uparrow \rightarrow p_{\max} \uparrow \rightarrow$  零件机械负荷 $\uparrow$ 。

由于此时缸内  $p, T$  较高, 使其终端混合气较为具备着火条件, 到一定程度时, 爆燃出现, 所以,

$\theta \downarrow \rightarrow$  爆燃趋势 $\downarrow$ 。

2  $\theta = \theta_2$ , 较小。点火提前少。  $p_{\max}$  值出现较晚。

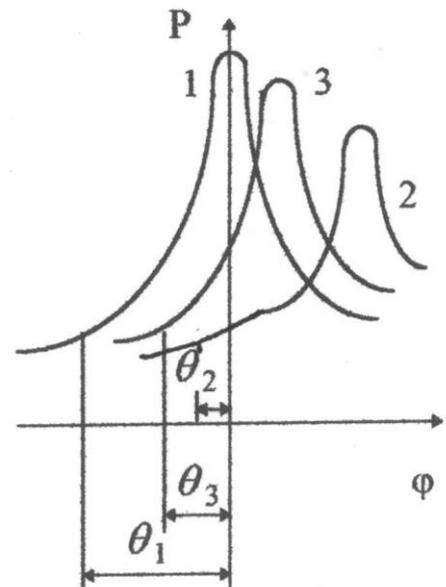
$\frac{dp}{d\phi} \downarrow \rightarrow p_{\max} \downarrow \rightarrow Ne \downarrow \rightarrow$  膨胀功损失 $\uparrow \rightarrow \eta_t \downarrow$

补燃 $\uparrow \rightarrow \eta_t \downarrow$ , 热负荷 $\uparrow$ , 排放差。

所以, 有一最佳  $\theta$  值。

3  $\theta = \theta_3$ , 合适。

实践证明, 当  $\theta_3 = 12^\circ \sim 15^\circ$ ,  $\frac{dp}{d\phi} = (0.07 \sim 0.24) \text{ Mpa/deg CA}$  时,



$p_{max}$  出现在上止点后  $\varphi = 12^\circ \sim 15^\circ$  时,  $p-\varphi$  图曲线下的面积最大, 有用功最多。

### (二) 混合气浓度 ( 过量空气系数 $\alpha$ 值 )

#### 1 $\alpha$ 对 $\tau_i$ 的影响

##### (1) 不同燃料 — 不同曲线

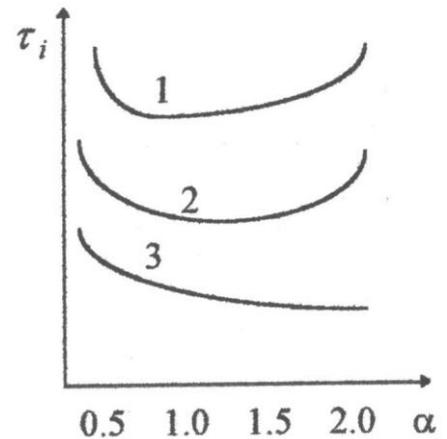
曲线 1 — 加铅芳香族, 抗爆性好,  $\tau_i$  长。

曲线 2 — 加铅烷族, 抗爆性较好,  $\tau_i$  较长。

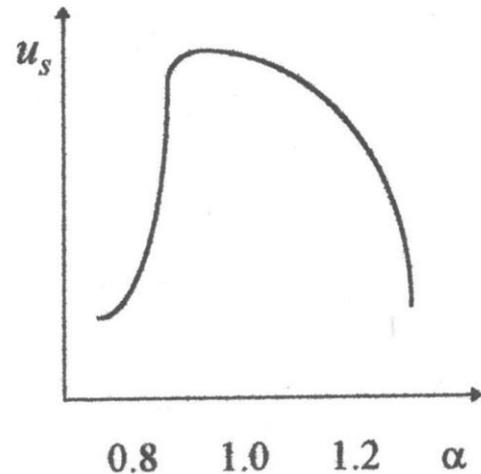
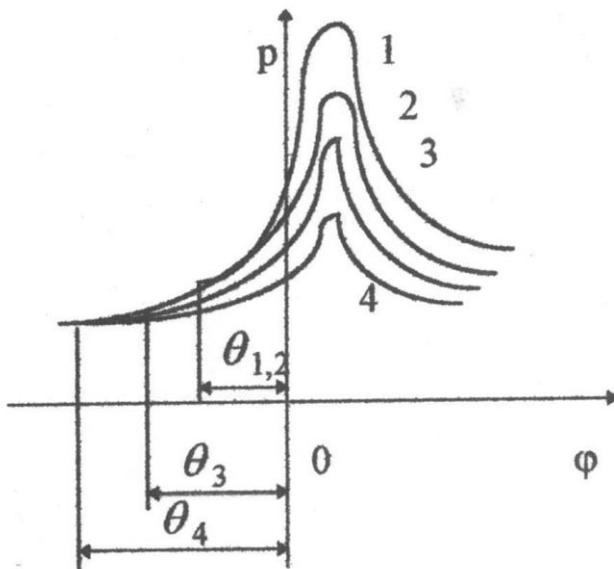
曲线 3 — 正庚烷, 抗爆性差,  $\tau_i$  短。

##### (2) 同一种燃料 — 一条曲线

$\alpha \uparrow, \alpha \downarrow \rightarrow \tau_i \uparrow$



#### 2 $\alpha$ 对示功图的影响



这是不同  $\alpha$  下的最佳示功图。

1 —  $\alpha = 0.84$ ; 2 —  $\alpha = 0.65$ ; 3 —  $\alpha = 1.01$ ; 4 —  $\alpha = 1.18$ 。

可以看出,  $\alpha = 0.84$  的示功图曲线下的面积最大。

$\alpha \uparrow, \alpha \downarrow \rightarrow$  燃烧剧烈程度  $\downarrow \rightarrow$  爆燃趋势  $\downarrow$ 。

#### 3 $\alpha$ 对火焰传播速度 $u_s$ 的影响

$\alpha = 0.85 \sim 0.95 \Rightarrow u_{s,max}$ ;  $\alpha \uparrow, \alpha \downarrow \rightarrow u_s \downarrow$

#### 4 $\alpha$ 值的范围

$\alpha = 0.4 \sim 0.5$  — 冷启动混合气;

$\alpha = 0.85 \sim 0.95$  — 功率混合气;

$\alpha = 1.05 \sim 1.15$  — 经济混合气。

### (三) 转速

- 1  $n \uparrow \rightarrow$  紊流  $\uparrow \rightarrow$  混合气混合好  $\rightarrow \tau_i \downarrow$   
     散热  $\downarrow \rightarrow T_c, p_c \uparrow \rightarrow \tau_i \downarrow$   $\rightarrow \tau_i$  下降不明显。  
 $n \uparrow \rightarrow$  易吹散已形成的火焰中心  $\rightarrow \tau_i \uparrow$   
 $n \uparrow \rightarrow$  每循环所用时间  $\downarrow, \tau_i$  相对于缩短了的循环时间下降不明显。
- 2  $n \uparrow \rightarrow$  离心式点火提前角调节装置使  $\theta \uparrow$ 。
- 3  $n \uparrow \rightarrow$  紊流强度  $\uparrow \rightarrow u_s \uparrow \rightarrow$  爆燃趋势  $\downarrow$ 。

#### (四) 负荷

- 1 负荷  $\downarrow \rightarrow$  节气门开度  $\downarrow \rightarrow$  进入气缸的混合气  $\downarrow$   
     废气的比例相对  $\uparrow \rightarrow$  每循环时间  $\uparrow \rightarrow$  传热损失  $\uparrow$   
      $\tau_i \uparrow$  (必须)  $\rightarrow \theta \uparrow$
- 2 负荷  $\downarrow \rightarrow$  缸内  $p \downarrow, T \downarrow \rightarrow$  爆燃趋势  $\downarrow$ 。

#### (五) 大气状况

- 1  $p_0 \downarrow \rightarrow \Delta G \downarrow \rightarrow \alpha \downarrow \rightarrow$  经济性  $\downarrow, 动力性 \downarrow$ 。  
     但爆燃趋势  $\downarrow$ 。
- 2  $T_0 \uparrow \rightarrow \Delta G \downarrow \rightarrow$  经济性  $\downarrow, 动力性 \downarrow$ 。  
     易发生气阻。  
     爆燃趋势  $\downarrow$ 。

### § 4-3 汽油机的燃烧室

#### 一 按气门布置分类

##### (一) 顶置 — 楔型、半球型、浴盆型

结构紧凑，面容比小，火焰传播距离短，不易爆燃，但结构较复杂。

##### (二) 侧置 — L型

结构简单，易维修保养，但火焰传播距离长，易爆燃，故压缩比小。

##### (三) 顶侧置 — F型

充气性好，但结构复杂。

#### 二 常用典型燃烧室

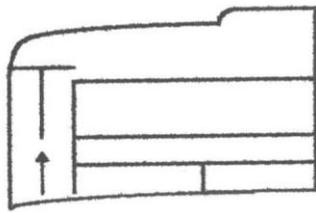
##### (一) L型

里卡多 (Ricardo) 公司研制，在老解放车上及某些风冷汽油机上应用。

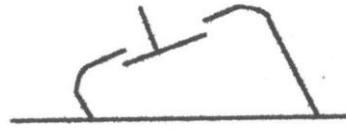
##### (二) 楔型

应用较多，性能稳定。

燃烧室侧剖面为楔型。安排激冷区，防止爆燃。燃烧速度高，但噪声、振动大，工作易粗暴。



L型

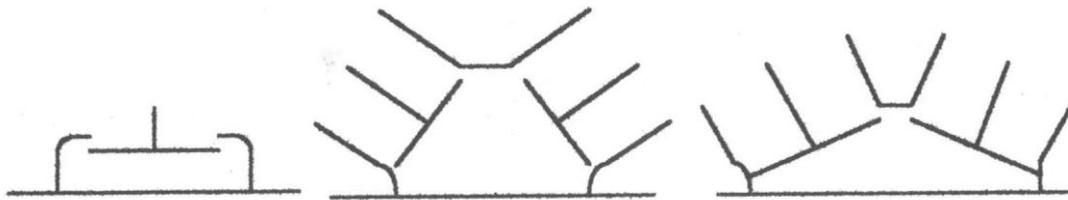


楔型

### (三) 倒盆型 (浴盆型)

性能稳定, 应用较多。

挤气面积不能小于 30%。



倒盆型

半球型

蓬型

### (四) 半球型或蓬型

#### 1 半球型

应用于高速汽油机中。

流动阻力小, 面容比小, 散热损失少。激冷区小, HC 排放低。

#### 2 蓬型

比半球型高度低。

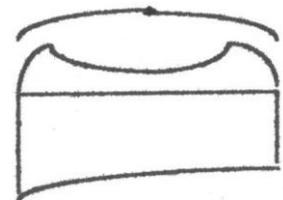
气流运动强, 高速性能更好。可安排四气门机构, 充气效率更高。压缩比、空燃比大,  $\varepsilon = 7 \sim 13$ ,  $A/F = 16 \sim 22.5$ , 可实现稀薄燃烧。

### (五) 福特 CVH 型

堤岸型活塞顶, 产生压缩涡流, 挤气面积为 16%。

切向进气道, 产生进气涡流。

充气效率较高。激冷区小, 使 HC 排放下降。使用 90 号汽油时, 压缩比可达 8.5。功率、扭矩较大。



福特 CVH 型

## 三 采用均质混合气的燃烧室

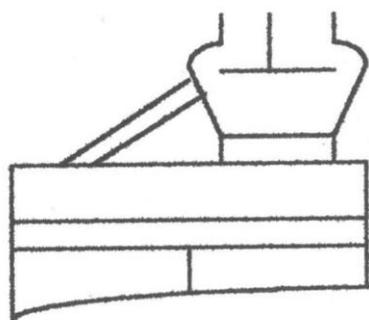
### (一) 射流型

天津大学刘友均教授研制。

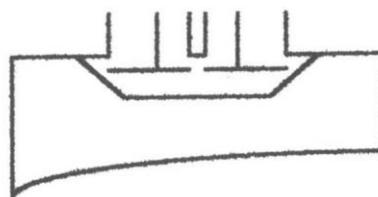
挤气面积大, 方可实现强射流, 促使主室内紊流增强。着火后, 混合气和火焰从射流孔高速喷向活塞顶部。

形成双重火焰区, 减小爆燃, 压缩比可达 9.8~11.2。

但缸盖热应力大, 易开裂。



射流型



碗型

(二) 碗型

燃烧室位于活塞顶部。

挤气紊流 $\uparrow \rightarrow u_s \uparrow \rightarrow \varepsilon \uparrow$  可达 11。

火焰传播距离 $\downarrow \rightarrow$  爆燃趋势 $\downarrow$ , 可采用稀混气体。