

# 直喷式柴油机紊流燃烧室的设计

胡大志, 沈颖刚, 申立中  
(昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650051)

**摘要:** 探讨了直喷式柴油机紊流燃烧室的结构设计能改善直喷式柴油机燃烧特性的机理, 归纳了紊流燃烧室在结构上采用的几种主要形式, 并从合理的燃烧室形状要求出发, 讨论燃烧室形状、尺寸、位置的确定, 以及油、气、室三者之间的相互配合关系。

**关键词:** 直喷柴油机; 紊流燃烧室; 设计; 匹配

**中图分类号:** TM301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)02-0132-04

## Turbulent Combustion Chambers Design of D.I. Diesel Engines

HU Da-zhi, SHEN Ying-gang, SHEN Li-zhong

(Faculty of Communication Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

**Abstract:** The mechanism of improving combustion characteristics of turbulent combustion chambers of D.I. diesel engines is considered. Some models of turbulent combustion chambers taken in the construction are induced simultaneously. From the requirement of combustion chambers' sound shape, the dimension shape, and orienting position of combustion chambers, in addition, the connection of inter-cooperation among fuel, air and combustion chambers are discussed.

**Key words:** D.I. diesel engine; turbulent combustion chambers; design; matching

### 0 引言

直喷式柴油机以其良好的动力性、经济性及耐久性, 在各国得到了广泛的应用, 但直喷柴油机的排放物中二氧化氮和微粒(PM)较高。由于石油资源的有限和世界各国包括中国在内颁布的排放法规的越来越严格, 一方面限制了柴油机的进一步应用, 同时也推动了柴油机新技术的不断发展, 柴油机目前面临的最重要问题是显著地降低废气排放, 同时进一步改善燃油经济性<sup>[1]</sup>。

改善柴油机经济性和排放的技术措施之一是改进柴油机的燃烧。改进燃烧室设计是解决上述问题的有效途径之一<sup>[2]</sup>。燃烧室改进设计目前主要集中在采用紊流燃烧室, 以增强缸内空气紊流, 加速混合气的形成和燃烧。紊流型燃烧室在现代柴油机的燃烧系统中得到了广泛应用。

### 1 紊流燃烧室设计的理论基础<sup>[3]</sup>

解决如何加快燃烧室内的空气与燃油的混合速度, 使发动机在大的转速范围内均能获得较佳的性能这一问题的有效方法是充分发挥燃烧室内气流运动对改善燃烧特性的作用。过去人们对进气涡流和挤流的作用较为重视, 但进气涡流强易引起燃料喷雾重迭, 使发动机低速性能好而高速性能恶化, 而进气涡流低则会导致相反的结果, 并且采用过强的进气涡流会造成进气损失较大, 有时甚至得不偿失。至于挤流, 虽然能改善气流运动, 但较强的挤流又会加重燃烧室入口处的热负荷和机械应力, 从而影响柴油机工作的可靠性。随着对直喷式柴油机燃烧过程研究的深化, 人们试图在气缸内组织适当的进气涡流、挤流的同时, 有目的地在燃烧室内产生局部微涡流, 以期通过进气涡流、挤流和微涡流与油束形状的适当匹配, 改善燃烧与空气地混合质量, 提高空气利用率, 使直喷式柴油机在宽广的工作转速范围内有良好的燃烧特性。

收稿日期: 2002-09-29; 基金项目: 云南省自然科学基金(项目编号: 2000E-0032M)。

第一作者简介: 胡大志(1964~), 男, 在读硕士研究生; 主要研究方向: 载运工具运用工程。

在燃烧室内产生微涡流方法是通过使燃烧室内气流运动的速度与方向能在局部地方发生变化. 采用多角形燃烧室, 可借助其边和角的对涡流运动的阻滞作用, 使高速时涡流不致过强, 同时还会产生有一定规律的强烈微涡流, 而且在多角形燃烧室中, 当部分燃油以一定倾角喷到壁面上时, 由壁面顺流而反射到空间的燃油在大标度涡流的作用下容易在角及角附近的壁面上形成油膜, 使着火落后期内可燃混合气量减少, 也减弱了新鲜混合气与废气的混合. 在大标度涡流和微涡流的双重作用下, 油膜将迅速剥离、蒸发和形成混合气, 在角形附近空间内的大油粒亦会很快蒸发、扩散, 因而可改善混合气的形成质量, 促进燃烧过程.

## 2 燃烧室设计

影响直喷式燃烧系统的主要因素有: 燃油的喷射、涡流强度、燃烧室形状和布置. 采用各种均衡措施, 使燃料和空气混合后进行良好的燃烧, 其中燃烧室的形状和布置占有相当重要的位置. 同时, 它对涡流强度、燃油喷雾的扩展都有很大影响.

### 2.1 典型的紊流燃烧室的结构形式

依据紊流燃烧室的设计理论, 目前紊流燃烧室的结构形式主要有以下几种<sup>[4]</sup>(如图 1a, 图 1b, 图 1c, 图 1d 所示):

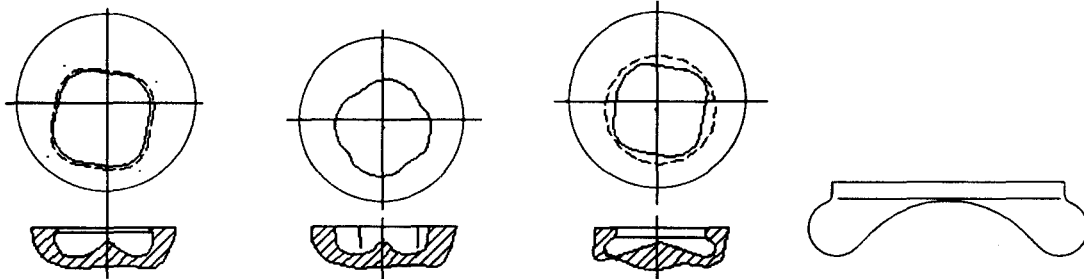


图 1a 四角型燃烧室 图 1b 花瓣型燃烧室 图 1c 小松微涡流燃烧室 图 1d 缩口  $\omega$  型燃烧室

(1) 将燃烧室的设计成多角形. 利用气流运动经过不断变换的角与边而造成紊流. 如日本五十铃的四角形燃烧室和上内所的花瓣形燃烧室.

(2) 在燃烧室的内壁面上挖出一定深度的壁坑, 旋转着的气流经过凹凸不平的壁面而形成紊流. 如日野汽车公司微混合燃烧室.

(3) 将活塞顶内燃烧室壁面沿上下方向(燃烧室轴向)作急剧断面变化, 并且使喷注喷向变断面的交界处, 使涡流和喷注在此处产生速度差, 形成不同的气流和喷流速度层, 从而形成紊流. 如小松微涡流燃烧室.

(4) 利用缩口度较大的燃烧室, 产生挤流、逆挤流, 也是造成紊流的一种方法.

### 2.2 合理的燃烧室形状

燃烧室的形状是否合理对柴油机的燃烧过程有显著的影响. 合理的燃烧室形状应该满足: 油束在燃烧室四周能自由扩展; 充气的主要部分应配置在燃烧室四周燃油主要部分的集聚区; 防止燃油过多的碰在燃烧室壁上和防止燃油喷到活塞上方向间隙和气缸盖底部; 充气在燃烧室近壁区内具有有组织的强烈运动; 合理利用油束的动能, 保证油束与燃烧室侧壁相遇时分散成细油滴以及油束在燃烧室近壁区中形成涡流.

### 2.3 燃烧室形状尺寸确定

在压缩比  $\epsilon$  和燃烧室容积  $V_k$  一定的情况下, 燃烧室形状主要由燃烧室口径比  $d_1/D$  ( $D$  为活塞直径)、燃烧室径深比  $d_1/h$ 、燃烧室底台以及燃烧室侧壁与燃烧室底台过渡半径  $R$  来确定. 燃烧室的主要结构参数如图 2 所示.

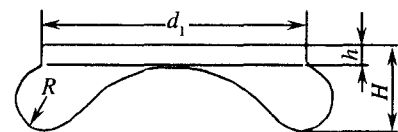


图 2 紊流型燃烧室的结构参数

根据合理的燃烧室形状要求, 在满足合理的喷注穿透率(1.05 ~ 1.1)<sup>[5]</sup>条件下, 应适量增加喷射油线

贯穿距离,亦即采用较大的燃烧室口径比。

在保障适当的油线贯穿距离的同时,也不可忽视  $d_1/h$  的合理值,  $d_1/h$  是很重要的结构尺寸,其值太大,燃烧室则过浅,燃烧室内涡流减少,挤流也小;反之,其值太小,燃烧室过深,在喷油压力和喷孔直径未变的情况下,油线自由射程短,喷到燃烧室壁面上的燃油过多,不利于燃烧,更不利于低温启动。另外,燃烧室径深比  $d_1/h$  如过小则使燃烧室的壁厚过薄,容易引起活塞变形和开裂,甚至断开<sup>[6]</sup>。

直喷式燃烧室的底部凸台大致上有缓平球台、秃顶锥台、尖顶锥台、平顶锥台等,其作用是用凸台来占据中间的空间,该区气流速度和混合率较低,消除此低速度区域,使这部分体积分布在燃烧室四周,从而使油束射程增加、油束穿过的空气厚度加大,以提高空气的平均速度和混合率<sup>[5]</sup>。

过渡半径  $R$  也有一最佳值。 $R$  增大将使燃烧室最大直径、底部凸台体积和燃烧室高度均减小。其结果使流动损失和热损失较小,切向涡流强度增加,燃油较好地蒸发。但是,增加了更多燃油着壁和燃烧室底部死区扩展地可能性。

#### 2.4 燃烧室的布置

对喷油器斜置,且偏离气缸中心的小型高速两气门直喷式柴油机而言,确定燃烧室中心位置通常应考虑两方面的问题:其一是燃烧室中心对气流损失的影响;其二是燃烧室与空气混合的均匀程度。理论与实践表明,燃烧室与喷油器同心,燃油与空气混合均匀且可燃混合气在燃烧室中分布也均匀,但进气涡流损失较大;燃烧室与气缸同心,进气涡流损失小,流场均匀,但各喷注贯穿距离不等量加大,使油气混合不均匀,可燃混合气在燃烧室中的分布也不均匀。一般常规设计是将燃烧室中心介于气缸中心和喷油器之间的某一位置<sup>[7]</sup>。

### 3 油、气、室的匹配<sup>[4]</sup>

柴油机的供油系统、进气系统和气流运动及燃烧室结构之间的匹配情况对柴油机的性能的好坏有决定性影响。在燃烧系统三大要素中,任何单独一方,如果撇开其他两个方面,是无法评定其好坏的,所以在设计燃烧室时,必须考虑油、气、室三者之间的匹配。

#### 3.1 进气涡流

对紊流燃烧系统,良好的混合气形成主要依赖于气体流场的强度,所以与紊流燃烧室相匹配的进气道一般都采用涡流比较大的螺旋进气道。通常,燃烧系统要求与之匹配的涡流,在混合气形成期内扫过的中心角与相邻两油束的夹角相等。涡流过强会使两相邻油束重叠,而涡流过弱,油束间的空气又得不到充分利用。最佳涡流比随发动机转速的增加而减小。燃烧室形状及其对轴线的偏心距不同,对进气涡流比的要求也不同。

另外,进气涡流比的大小与喷油压力要匹配。当喷油压力高时,油束动能大,与空气混合穿透力强,因此,此时要求匹配的进气涡流比应减小,反之,要加大。

#### 3.2 供油系统

我国的直喷式柴油机的供油系统中常用的是直列泵,这种泵的成本较低,其各种性能也能满足一般柴油机燃烧系统的匹配要求。

在供油系统的匹配中,除了考虑进气涡流比与喷油压力的匹配外,还要考虑喷油嘴的几何参数与燃烧室的形状匹配。其中主要的喷油嘴几何参数有喷孔总面积、喷孔数目及喷孔夹角。喷孔的数目要根据缸径、喷孔总面积、喷孔直径以及燃烧室的型式和涡流比的大小来选取。中小型高速直喷式柴油机,一个喷嘴上的喷孔数多数为4~6个。最佳喷孔数随涡流比的增加而减少,即涡流比取得低,则必须增加喷孔数,而不管气门坑深度大小。在多角型燃烧室设计时,角的数量要与喷孔数目相适应。

(下转第138页)

相连缓解冲击,可认为是执行元件的一部份.动力元件,液压泵只需与发动机匹配,能提供足够流量,所以FESTO汽车动平衡系统的使用寿命和性能的优良主要取决于蓄能器.

#### 参考文献:

- [1] 蒋式勤译.FESTO 液压技术[S].上海:同济大学出版社,1993.12~15.
- [2] 屈圭.液压与气压传动[M].北京:机械工业出版社,2002.117~120.
- [3] 章宏甲.金属切削机床液压传动[M].南京:江苏科学技术出版社,1985,145~148.
- [4] 唐银启.液压与液力传动[M].大连:大连海事大学出版社,1995,123~126.

(上接第134页)

喷孔夹角和喷孔数目对喷注方位有影响.现代直喷式高速柴油机喷孔和喷注方位的设计原则是:各孔汇于同锥,顶视图上喷注均布(接近),主视图上落点等高,室壁弧等长.

#### 4 结束语

(1) 内燃机面临突出的两大问题是经济性和环境污染,紊流型燃烧系统是解决上述问题的有效途径之一.

(2) 紊流燃烧室的主要特点是利用其边、角及凸起、凹坑等燃烧室表面形状的变形来产生微涡流.

(3) 紊流燃烧系统油、气、室匹配趋势是:喷注贯穿率在1.05~1.1左右,使有一部分油喷涂到燃烧室壁上,吸收壁热而汽化,参加中期燃烧,从而降低最高燃烧压力,提高热效率;采用较高的涡流比,增加紊流强度,把宏观均匀混合和微观均匀混合结合起来,改善混合效果.

#### 参考文献:

- [1] Noboru Hikosaka. 车用柴油机未来展望[J]. 国外内燃机, 1999, (4): 3~37.
- [2] 齐国荣等.紊流型燃烧系统的进气道匹配研究[J]. 内燃机工程, 1996, (1): 7~12.
- [3] 蔡锐彬等.小型直喷式柴油机新型燃烧室的研究—设计、计算(1)[J]. 小型内燃机, 1995, (6): 56~60.
- [4] 何学良等.内燃机燃烧学[M].北京:机械工业出版社, 1990, 346~370.
- [5] 王福民.车用柴油机燃烧系统[M].北京:兵器工业出版社, 1989, 47~111.
- [6] 付光琦等.小缸径柴油机直喷式燃烧系统的研究与试验[J]. 内燃机学报, 1996, (1): 31~39.
- [7] 周俊杰等. X4100 柴油机燃烧系统的研制[J]. 小型内燃机, 1996, (3): 11~14.