

直喷式柴油机可变涡流进气系统的设计与试验研究

纪 威

杨 华

杨 岩

(中国农业大学车辆工程学院) (内蒙古电子学校) (信息产业部电子三所)

摘 要 研究了一种直喷式柴油机控制涡流型可变涡流进气系统,并在气道稳流实验台上对该进气系统的充气性能进行了试验。试验结果表明,所设计的控制涡流型可变涡流进气系统能够在不改变原机气道充气性能的前提下实现对进气涡流强度的控制。

关键词 柴油机; 涡流; 进气系统; 气道稳流模拟

中图分类号 S 219.031

Design and Experimental Analysis of Variable Swirl Intake System of D. I Diesel Engine

Ji Wei

Yang Hua

(College of Vehicle Engineering, CAU) (Inner Mongolia Electronic Technical Secondary School)

Yang Yan

(Third Electronics Institute, Ministry of Information Industry)

Abstract A kind of variable swirl intake system with subsidiary swirl control of D. I diesel engine is developed, and intake character of this intake system is tested on the intake channel steady-flow test stand. Results showed that the intake swirl intensity can be controlled by this new system on the basis of intake function of original intake channel does not change.

Key words diesel engine; swirl; intake system; intake channel steady-flow analogue

为改善燃烧,控制和降低有害排放物,柴油机大多要组织空气运动来促进燃料和空气的混合,这种空气运动形式主要为进气涡流和压缩涡流。根据进气涡流的形成原理,人们研究了各种产生进气涡流的方法,如带导气屏的进气门、切向进气道、螺旋进气道、双层进气道等。可变涡流进气系统已经成功地应用在汽油机上,它在改善汽油机排放性能,提高经济性等方面效果显著^[1];但是,柴油机组织缸内空气运动的目的和作用与汽油机不同,对于柴油机进气系统来说,如果改变进气涡流,可能使得进气系数降低,而低的进气系数就意味着进气量减少,燃烧恶化,同时泵气损失增大,经济性变差。因此,使得直喷式柴油机可变涡流进气系统在尽可能小的流动阻力下,有足够的涡流强度,并保证进气涡流与柴油机工况的最佳匹配和具有较高的流动系数,是设计研制直喷式柴油机可变涡流进气道的关键。

笔者研究了一种新型直喷式柴油机控制涡流型可变涡流进气系统,并在气道稳流试验台上对该进气系统的充气性能进行了试验^[2]。

收稿日期: 2000-06-26

纪 威,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)44 信箱, 100083

1 控制涡流型可变涡流进气道的结构设计

1.1 进气涡流的形成机理

如图1所示,进气门外圆周某给定点的进气速度为 $v, m \cdot s^{-1}$,影响产生涡流的速度分量为 $v \sin \beta$;其中 β 定义为进气流动角度, ($^\circ$)。若将进气阀与阀座之间的开启面积分为 n 等份,则从任一分区流入气缸的气流速度矢量为 $v_i \sin \beta_i, i=1, 2, \dots, n_0$ 。相应的涡流强度分量 $L_i, kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$ 为

$$L_i = m_i l_i v_i \sin \beta_i$$

其中: m_i 为从各分区流入的空气质量,kg; l_i 为从气缸中心到 $v_i \sin \beta_i$ 的垂直距离,m。

气缸内总涡流强度为各个分量之和,即

$$L_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n m_i l_i v_i \sin \beta_i$$

涡流强度分量 L_i 可以分解为主涡流方向(顺时针方向)

和反涡流方向(逆时针方向),如图2所示。虽然主涡流和反涡流之间的分界线与进气流动速度分布情况有关,但一般认为此分界线为气缸中心 O_c 和进气门中心 O_v 的连线。当气流喷入A区域距分界线较远的地方时,通常形成主涡流区域;而当气流喷入B区域距分界线较远的地方时,则通常形成反向涡流区域。缸内涡流强度及涡流方向取决于主涡流与反向涡流的比例关系。

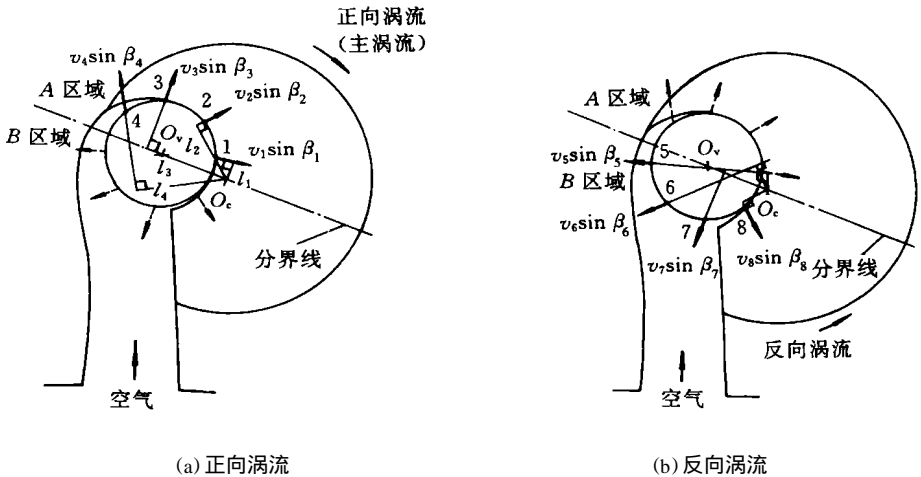
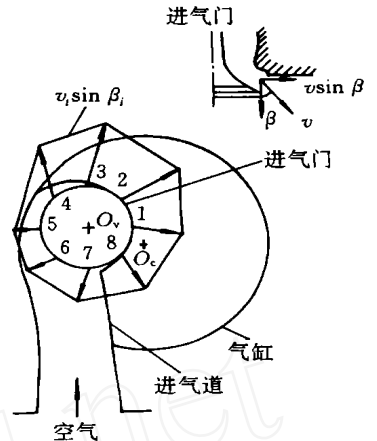


图2 进气门周围的涡流强度分量

1.2 控制涡流型可变涡流进气道的结构设计

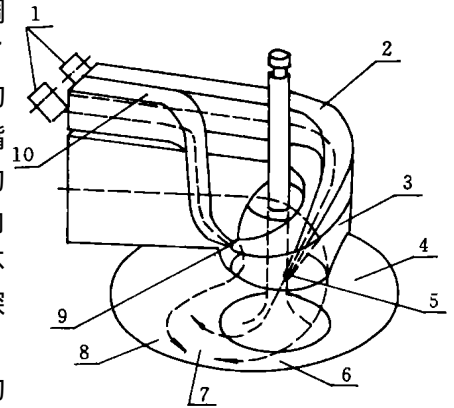
根据上述进气涡流强度变化的原理和直喷式柴油机对进气涡流的要求,针对进气门附近A区和B区的涡流变化设计出本控制涡流型可变涡流进气系统,其结构如图3所示。

高压空气通过副气道流经2个喷嘴a和b后,以一定的角度和能量分别喷入气缸的不同区域,喷嘴a的轴线与主气道的轴线平行,喷出的气流经主气道的出口而进入缸内。由于副气



道中采用高压气体喷射, 目的是对主气道进气进行调整, 故进气量不大, 管路的截面积远小于主气道。为了尽可能少地改动原来气缸盖的结构, 在原来进气道的上部焊接 2 条小细管作为副气道, 使它们分别与喷嘴 a、b 相连接, 喷嘴选为渐缩型喷嘴。由于螺旋进气道的涡流室是充气性能敏感的部位, 因此, 若能在涡流室内找到一个恰当的位置, 并能使进气涡流产生变化, 则不必使副气道喷出的气流直接进入气缸, 喷嘴也不必深入气道内。这样, 一方面使得副气道结构尽可能简单, 另一方面将因在主气道上加装副气道和喷嘴所引起的对充气性能的影响降到最低。

在进气过程中, 柴油机的缸内压力一般在 0.08~0.1 MPa 之间波动; 而渐缩喷嘴前的压力一般大于 0.2 MPa, 从而保证了该部分气流接近声速流动, 这样, 该部分的气流比其他部分具有更高的动量。通过喷嘴 a 的气流, 可以有效地增强 A 区的涡流强度, 达到增大涡流的目的。喷嘴 b 处于喷嘴 a 的对称位置, 喷出的气流与主气道喷出气流的方向成一钝角, 干扰进气涡流的形成, 从而降低了进气涡流的强度。改变喷嘴 a 和 b 喷出气流的流量和强度, 就可以控制涡流的强弱程度, 使得进气涡流强度与对应工况更好的匹配。喷嘴 a 和 b 的位置以及与主气道的夹角 θ 和 θ' 都存在一个最佳值, 由试验确定。



1. 涡流控制阀; 2. 副气道; 3. 主气道; 4. 气缸; 5. 喷嘴 a; 6. 主涡流; 7. 增强涡流; 8. 减弱涡流; 9. 喷嘴 b; 10. 副气道

图 3 控制涡流型可变涡流进气系统

2 控制涡流型可变涡流进气系统的气道稳流试验分析

为确定控制涡流型可变涡流进气系统的最佳结构参数, 需要对喷嘴直径、喷嘴压力和控制气流进入气缸的位置和角度等进行试验研究。实验中, 选用直径分别为 2, 3, 4 和 8 mm 的喷嘴, 在气道实验台上对上述结构参数进行测定。选用的副气道的直径分别与喷嘴直径相匹配。喷嘴 a 和 b 前的压力由对应的涡流控制阀进行调整。

图 4 是喷嘴直径为 2 mm 的控制涡流型可变涡流进气道与原螺旋进气道的性能比较。其中, 喷气压力为“-”, 表示喷嘴 b 喷气以降低涡流强度; 喷气压力为“+”, 表示喷嘴 a 喷气以增强涡流强度。从图 4 可以看出, 对加强涡流而言, 在低转速下, 带有副气道的螺旋进气道的涡流比要比原螺旋进气道大很多, 但当转速升高到 $2500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 后, 2 种气道的涡流比比较接近。原因是在高转速下, 进气道入口相当于一个渐缩喷管, 此时缸内真空度较高, 而进气道前

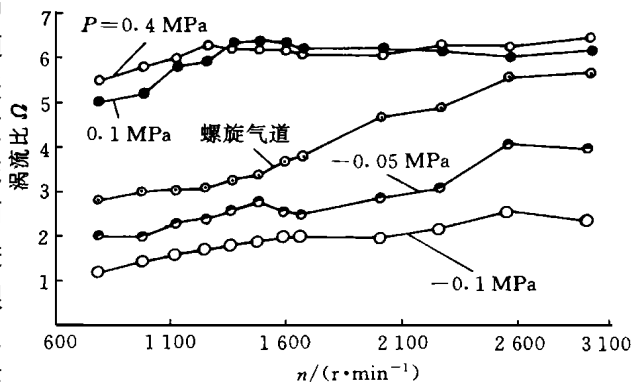


图 4 控制涡流型可变涡流进气道与螺旋进气道性能比较

端压力为外界环境压力,气道入口处的进气流速已非常接近声速;而所设计的用来加速气流的副气道的结构为渐缩喷管,其流出速度最大也只能达到声速。因此,所设计的控制涡流型可变进气道在低速工况时有效,而高速时主气道本身产生的涡流强度已很高,不需要再加强了。当只开启喷嘴 b 时,可以看到,在整个转速范围内,该气道都能有效地降低涡流强度。

综合增强和减弱涡流强度的 2 种试验结果,笔者认为,只要合理控制副气道中喷嘴 a 和 b 的各自开启及持续时间,就能使之符合柴油机不同工况对进气涡流变化的要求,实现控制涡流强度的目的。

图 5 示出控制涡流型可变涡流进气道对充气效率的影响情况。可见,控制涡流型可变涡流进气系统由于有副气道的充气作用,充量系数非但没有因进气涡流的变化而下降,相反,在全部转速范围内都有一定程度的增加。进气充量的增加,有利于燃烧,对降低微粒排放也很有利。

3 结 论

1) 从宏观上研究进气涡流形成的原理发现,对带有副气道的螺旋进气道,进气矢量大致可沿进气门和气缸的轴线分为正反两个方向。通过改变正反两方向气流的比例,即可实现变涡流。

2) 控制涡流型可变涡流进气系统能够实现进气涡流和发动机工况的良好匹配,具有高的充量系数,符合柴油机对进气的要求。

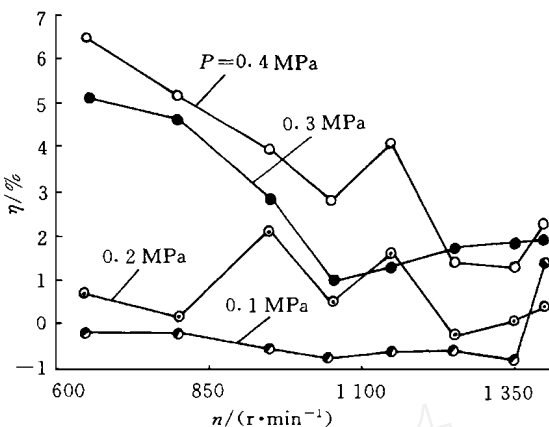


图 5 控制涡流型可变涡流进气道对充气效率 η 的影响

进气充量的增加,有利于燃烧,对降低微粒排放也很有利。

参 考 文 献

- 1 Miyazaki T. Motor vehicle emission control measures of Japan. SAE Paper, 922178
- 2 祝 勇 可变涡流控制柴油机微粒排放规律的研究: [学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古工业大学, 1999