

可变涡流控制直喷式柴油机排放性能的试验研究

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 研制了一种向螺旋进气道入口喷射空气的可变涡流进气系统——控制涡流型可变涡流进气系统, 试验研究了该系统对直喷式柴油机排放性能的影响。结果表明, 该系统在不影响进气充量的情况下, 可以明显减少直喷式柴油机排气中微粒的质量浓度和氮氧化物的排放量。

关键词 柴油机; 可变涡流进气系统; 微粒; 氮氧化物

中图分类号 S 219.031

Experimental Study of Controlling Exhaust Performance of D. J. Diesel Engine by Means of Variable Swirl Intake System

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 The variable swirl intake system with subsidiary swirl control by means of air injection in the helical intake passage was developed, and the influence of the system to the exhaust performance of D. J diesel engine was studied. The test results showed that this system is able to make obviously change to the particulate and NO_x emission without obvious increase of volumetric efficiency.

Key words diesel engine; variable swirl intake system; particulate material; NO_x

柴油机螺旋进气道的作用在于使进入气缸的空气具有一定的涡流强度, 以加速燃料和空气的混合, 促进燃料的燃烧。由于实际运行时发动机工况具有多变性和复杂性, 由螺旋进气道产生的进气涡流并不能满足所有工况对涡流强度的要求, 使得发动机在许多工况下进气涡流强度过强或过弱, 直接影响了气缸内燃料和空气的混合和燃烧^[1,2]。针对这一问题, 笔者设计了一种控制涡流型可变涡流进气系统^[3], 该系统可根据发动机运行工况对气缸内涡流强度的要求, 适当增大或减小涡流比, 以弥补螺旋进气道形成涡流强度的不足。试验结果表明, 该系统在不影响进气充量的前提下, 可明显减少柴油机排气中微粒的质量浓度和氮氧化物的排放量。

1 试验装置与条件

1.1 控制涡流型可变涡流进气系统

控制涡流型可变涡流进气系统主要由空气压缩机、压力调节器、副气道和渐缩喷嘴等组

收稿日期: 2000-07-18

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

成。压缩空气在压力调节器的控制下,通过副气道在进气道入口处特定位置上,以特定压力和特定方向经渐缩喷嘴喷入气缸,以改变气缸内的涡流强度。在稳流气道试验台上的试验结果表明,流经不同副气道和喷嘴的压缩空气,可以在气缸内形成正向或反向的旋转涡流^[4],用以加强或削弱气缸内的涡流强度。

1.2 试验装置与方法

试验所用发动机是由 6110 型车用直喷式柴油机改造而来的单缸(即由原 6 缸变单缸)试验柴油机,并在原机螺旋进气道上加装了控制涡流型可变涡流进气系统。试验在稳态工况下进行,采用日本 HORIBA 公司生产的 MEXA-8220D 汽车排气分析仪测量发动机排气中 NO_x, CO 和 HC 的排放量,用分流式稀释风道采样系统测量排气中微粒的质量浓度。

2 试验结果与分析

2.1 变涡流对微粒排放的控制

由于在大负荷下,微粒 PM 的主要成分为干组分 DS,所以可通过加强进气涡流强度来提高缸内空气和燃料的混合,改善燃烧以降低 DS。图 1 和图 2 分别示出低速大负荷工况时,不同空燃比下排气中微粒的质量浓度与涡流比的关系。

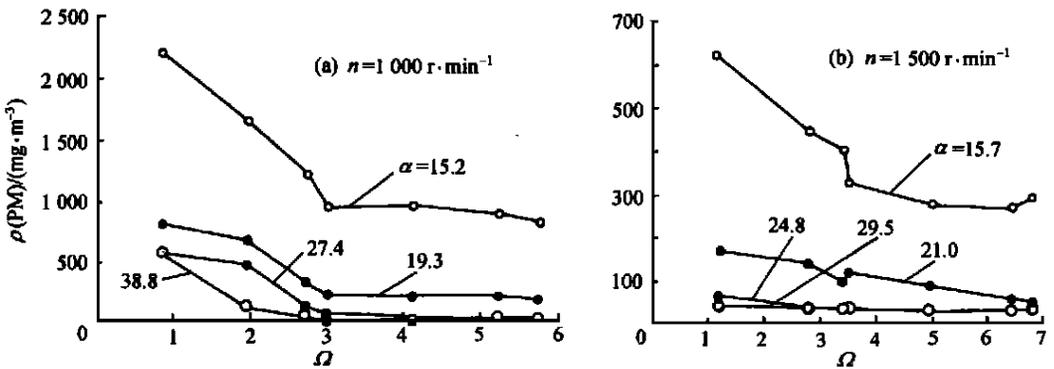


图 1 不同空燃比下排气中微粒的质量浓度与涡流比的关系

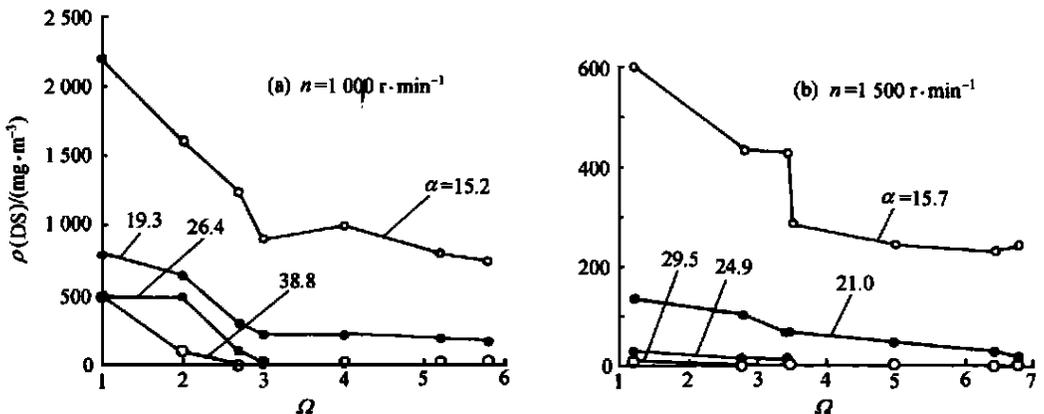


图 2 不同空燃比下排气中干组分的质量浓度与涡流比的关系

可以看出,随着气缸内涡流比 Ω 的增大,PM 和 DS 的质量浓度 $\rho(\text{PM})$ 和 $\rho(\text{DS})$ 明显减小。当 $n = 1\,000\text{ r}\cdot\text{m}\text{in}^{-1}$, Ω 从 0.85 增强到 3.0 时, $\rho(\text{PM})$ 从 $2\,200\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 降低到 $900\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 此后, Ω 继续增长,但 $\rho(\text{PM})$ 和 $\rho(\text{DS})$ 下降趋于平缓。 $n = 1\,500\text{ r}\cdot\text{m}\text{in}^{-1}$ 时, Ω 与 $\rho(\text{PM})$ 及 $\rho(\text{DS})$ 的关系与 $n = 1\,000\text{ r}\cdot\text{m}\text{in}^{-1}$ 时相同。这表明在低速大负荷工况下,柴油机气缸内由于空气运动弱而造成的局部区域燃烧不充分的现象能通过加强进气涡流强度而得到改善。

对于高速工况,微粒 PM 中的主要成分为有机可溶组分 SOF,降低 SOF 是控制 PM 的关键。针对 SOF 的生成机理,笔者认为 SOF 是由缸内空气运动过强而导致熄火区加大使未燃液态颗粒随排气逸出所致,因此应降低缸内空气运动以减少 SOF 的生成。

图 3 为柴油机空燃比 $\alpha = 16.0$, $n = 2\,900\text{ r}\cdot\text{m}\text{in}^{-1}$ 时,PM 及其组分 SOF 和 DS 的质量浓度随 Ω 的变化规律,图中 $\Omega_1 = 5.6$ 为原机的涡流比。可以看出,随着涡流强度的减小, $\rho(\text{PM})$ 也迅速下降,且主要表现为 $\rho(\text{SOF})$ 的下降。

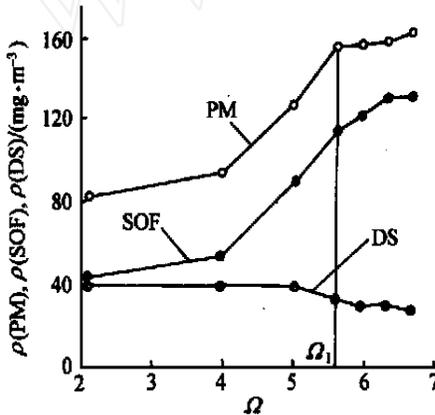
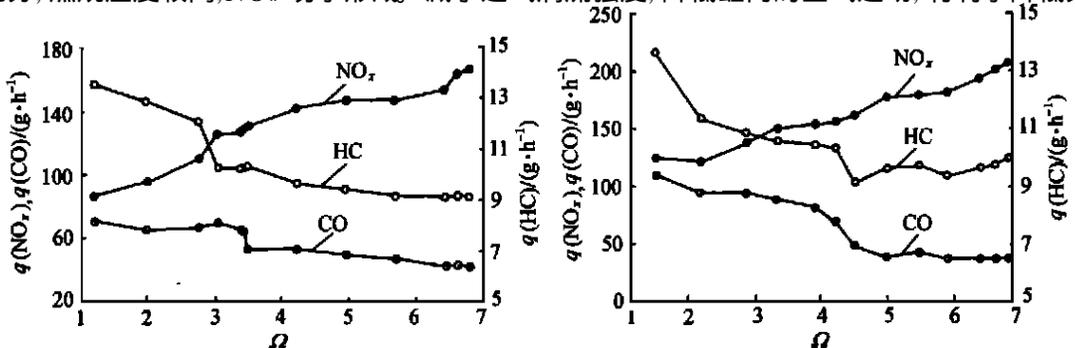


图 3 $\alpha = 16.0$, $n = 2\,900\text{ r}\cdot\text{m}\text{in}^{-1}$ 时排气中微粒及其组分质量浓度与涡流比的关系

2.2 变涡流对 NO_x 排放量的影响与控制

在中等转速 60%~80% 负荷工况下,发动机主要排放物是 NO_x 。在该工况下,PM 的产生对 Ω 的变化不敏感,因此应充分利用这一特性对 NO_x 实施控制。

图 4 为中等转速中等负荷工况下涡流比 Ω 对 NO_x , HC 和 CO 排放量的影响规律。可以看出,在该工况下, NO_x 排放量很大,这是因为此时缸内涡流强度较高,空气和燃料混合好,燃烧充分,燃烧温度较高, NO_x 易于形成。减小进气涡流强度,降低缸内的空气运动,有利于降低火



(a) $\alpha = 24.6$, $n = 1\,500\text{ r}\cdot\text{m}\text{in}^{-1}$

(b) $\alpha = 23.7$, $n = 1\,800\text{ r}\cdot\text{m}\text{in}^{-1}$

图 4 NO_x , HC 和 CO 排放量与涡流比的关系

焰传播速度和缸内最高温度,从而有利于抑制 NO_x 的生成。例如, $n=1500\text{ r}\cdot\text{m in}^{-1}$ 时,测得原机 $\Omega=3.51$,相应的 NO_x 排放量为 $129.89\text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$,当降低进气涡流强度至 $\Omega=1.21$ 时, NO_x 的排放量降低到 $86.79\text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$ 。同样,在 $n=1800\text{ r}\cdot\text{m in}^{-1}$ 下,通过实施降低进气涡流,使得 NO_x 排放量由原来的 $162.96\text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\Omega=4.5$)下降到了 $120.96\text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\Omega=1.21$)。

对于 HC 、 CO 等气态排放物,由于其排放量较小,不是重点控制对象,因而在实施变涡流时,不以它们的排放量作为控制方案的设计基础,但从图4中可以看出, Ω 对 HC 和 CO 的影响规律恰好与 NO_x 相反。

3 结 论

1) 控制涡流型可变涡流进气系统能够对不同工况的涡流比进行调节。在低速大负荷工况下,加强进气涡流强度可以有效减少 DS ,而在高速小负荷工况时,降低进气涡流则明显减少 SOF 。

2) 在中等转速中等负荷下,应以控制 NO_x 生成为主,可以通过降低缸内涡流强度来降低 NO_x 的排放量。

参 考 文 献

- 1 陈丽娟, 许斯都, 段家修 6102BQ 柴油机排放特性的研究 内燃机学报, 1993, 11(1): 45~ 50
- 2 刘忠长, 刘巽俊, 许 允 车用直喷柴油机排气微粒的排放规律 内燃机学报, 1997, 15(4): 430~ 434
- 3 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
- 4 纪 威, 杨 华, 杨 岩 直喷式柴油机可变涡流进气系统设计及试验分析 中国农业大学学报, 2001, 6(2): 45~ 48