

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 对由车用 6110 直喷式柴油机改造的单缸试验柴油机的排放特性进行了试验研究。结果表明,在大负荷和高速小负荷工况下,微粒的排放量较大;中等转速中等负荷工况下,NO_x 的排放量较大。

关键词 直喷式柴油机; 微粒; 氮氧化物; 排放性能

中图分类号 S 219.031

Experimental Study of Exhaust Performance 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 The exhaust performance of the remodeled-engine which was remodeled from a multi-cylinder automotive D. I diesel engine was studied, the test results showed that particulate material emission is high under heavy load and high-speed condition, and the NO_x emission is high under half load and medium-speed condition of the engine

Key words D. I Diesel engine; particulate material; NO_x; exhaust performance

随着柴油汽车保有量的日益增多,柴油机有害排放物对环境和人体健康的危害越来越严重。在我国,6110 直喷式柴油机是柴油汽车的主要动力装置之一,分析研究其排放特性对进一步研究控制和降低使用该类发动机的汽车的排气污染有重要的现实意义。

1 试验装置与方法

为避免多缸机用于试验时各缸间工作的不一致性,试验中所用的发动机是由 6110 车用直喷式柴油机(6 缸)改造而来的单缸试验柴油机。改造后的试验柴油机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^[1],以便于在此研究的基础上,通过对进气涡流强度的控制,进而改善柴油机的排放特性。

试验在稳态工况下进行。采用日本 HORIBA 公司的 MEXA-8220D 汽车排气分析仪测量发动机排气中的 NO_x、CO 和 HC 的排放量,用分流式稀释风道采样系统^[2]测取排气中微粒的质量浓度。

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

2 试验结果与分析

2.1 微粒的排放规律

图1示出改造后的单缸试验柴油机所排放气体中微粒PM及其组分(可溶性有机成分SOF和干组分DS)的质量浓度 $\rho(\text{PM})$, $\rho(\text{SOF})$ 和 $\rho(\text{DS})$ 随转矩 M_e 的变化规律。可以看出,中低转速时 $\rho(\text{PM})$ 和 $\rho(\text{DS})$ 随 M_e 的增大而增大,而 $\rho(\text{SOF})$ 增加平缓。低负荷时微粒及其组分的排放量较少,这是由于此时发动机空燃比 α 较大,燃烧完全,碳烟生成量小。从图1还可看出,微粒PM中SOF含量占绝大部分。当发动机从中等负荷向满负荷趋近时, $\rho(\text{PM})$ 曲线非常陡峭,并且组分几乎全为DS。可见,局部空燃比过小导致的燃烧恶化是形成DS的主要原因。

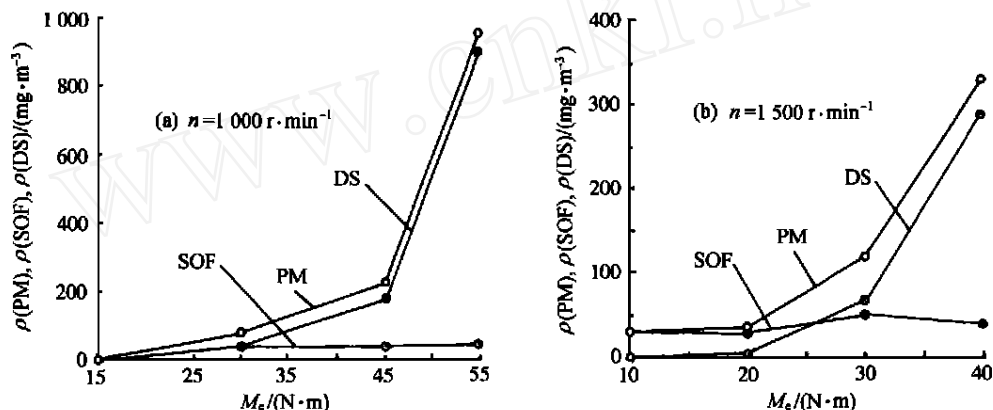


图1 排气中微粒及其组分的质量浓度与转矩的关系

图2给出空燃比 α 为16.0时排气中微粒及其组分质量浓度随转速 n 变化的规律。可以看出,微粒的质量浓度随转速的升高而迅速降低。在中低转速下微粒中主要成分为DS。原因是此时进气涡流强度弱,空气和燃料混合不均匀,燃烧不充分;此外,在较高负荷时气缸内温度很高,燃料高温裂解严重,导致DS质量浓度很高。可见,低速大负荷时增加进气涡流强度有利于降低微粒的排放。当转速升至 $2000 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 后,微粒总的质量浓度已较低,但SOF所占比例随转速的升高而迅速增大(图3)。原因是转速的升高使得进气涡流强度过大,从而扩大了气缸内

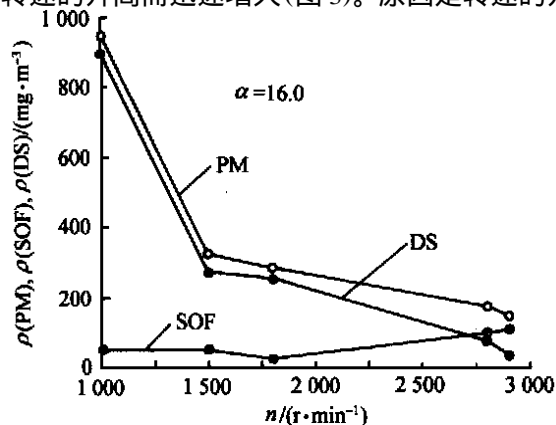


图2 排气中微粒及其组分的质量浓度与转速的关系

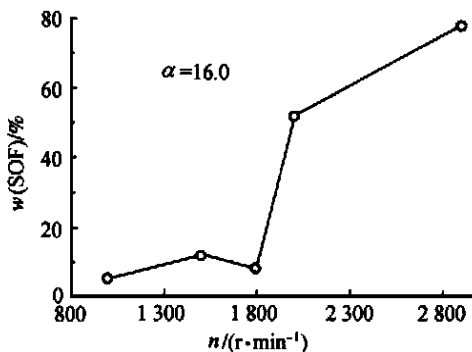


图3 微粒中可溶性有机成分SOF质量分数与转速的关系

的灭火区, 生成了较多的液态微粒(SOF)。因此, 高转速下降低进气涡流强度, 有利于降低排气中微粒的质量浓度。

2.2 气态排放物的排放规律

图 4 示出 n 分别为 $1\,000$ 和 $1\,500\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 时, 排气中 NO_x , HC 和 CO 的排放量 q 与转矩 M_e 的关系; 图 5 为其体积分数 φ 与负荷率 P_e 的关系。可以看出, NO_x 排放量的最高点发生在转矩为 $30\sim 50\text{ N}\cdot\text{m}$ 内, 而排气中其体积分数的最高点发生在额定负荷的 $60\%\sim 80\%$ 之间, 即在中高负荷工况下, 发动机排气中 NO_x 含量最高。其原因是, 此时气缸内空燃比合适, 燃气温度较高, 是 NO_x 生成的最佳工况, 而低负荷时喷油量减少, 尽管气缸内为富氧状态, 但由于燃气温度下降, 不易生成 NO_x , 因而其排放量和体积分数都较低。当负荷达到额定负荷的 80% 以后, 由于空燃比变小, 气缸内为缺氧状态, 且燃气温度较低, NO_x 排放量和体积分数迅速下降。HC 的排放量和体积分数相对于 NO_x 低很多, 但当发动机转速为 $1\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 且大负荷时, 具有相对较高的排放水平, 这可能是此时混合气过浓, 产生不完全燃烧产物的缘故; 当转速升至 $1\,500\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 在中小负荷下, HC 具有相对较高的排放水平, 这可能是由于局部混合气过稀, 导致 HC 的产生。CO 的高排放水平发生在大负荷工况下, 原因是此时气缸内局部空燃比 α 较小, 燃烧不完全, 导致 CO 大量生成。

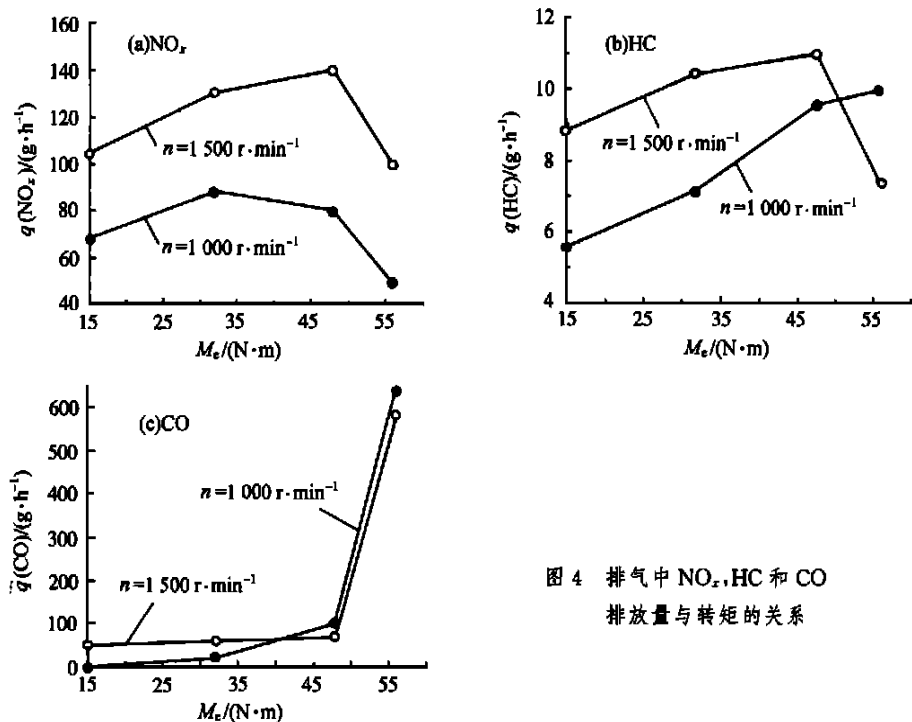


图 4 排气中 NO_x , HC 和 CO 排放量与转矩的关系

图 6 给出了在空燃比 α 为 18.6 时, NO_x , HC, CO 的排放量 q 和体积分数 φ 与转速的关系。可以看出, 随着转速的升高, NO_x 排放量和体积分数都明显升高。原因是高速工况下, 气缸内空气涡流强度高, 火焰传播速度较快, 使得终燃温度升高; 并且较强的空气运动使燃料和空气的混合更均匀, 这些都使 NO_x 排放水平升高。HC 的生成机理主要为缸内缝隙效应和不完全燃烧生成中间产物所致, 因此速度升高使得 HC 的排放降低。CO 的排放随转速升高而降低, 同

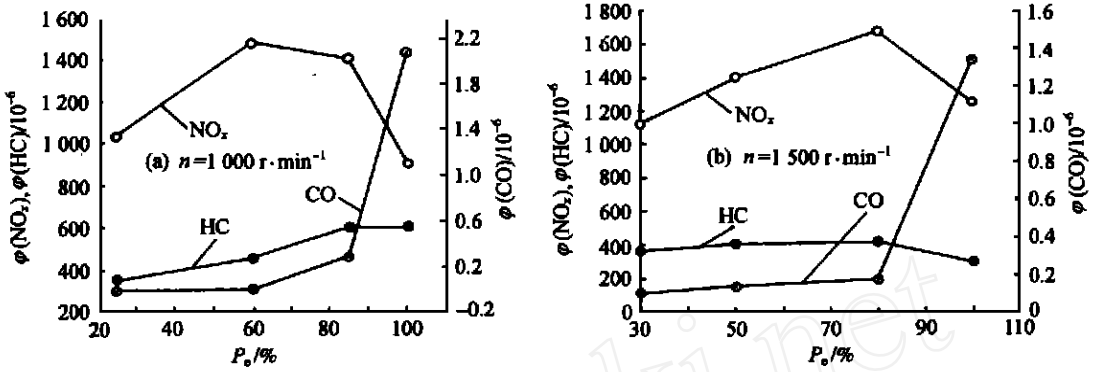


图5 排气中NO_x, HC 和 CO 体积分数与负荷率的关系

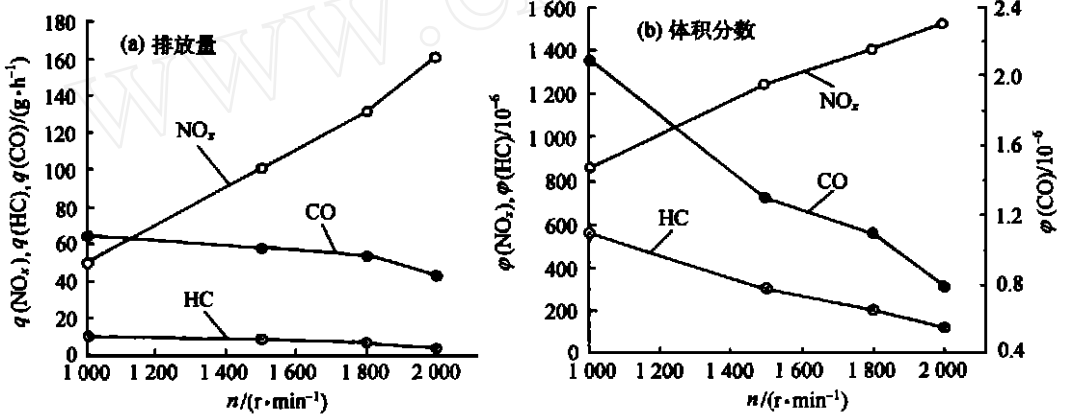


图6 NO_x, HC, CO 排放量和体积分数与转速的关系

样是由于转速升高,缸内空气运动加强,燃烧得以改善的结果。

3 结论

1) 低速大负荷工况时,微粒PM 的排放量很大,主要为干组分DS。原因是此时气缸内空燃比较低,大量喷入的燃油无法和空气良好混合,且温度较高,燃料易裂解,产生大量浓烟,从而形成DS。应加强进气涡流来改善燃烧,降低微粒。

2) 高速小负荷工况时,由于气缸内涡流强度过大而导致熄火区增大,部分未燃成分随排气逸出,形成可溶性有机组分SOF。应降低进气涡流来降低SOF。

3) 中等转速中等负荷时,NO_x 排放水平很高,原因是此时气缸内涡流强度较高,燃料和空气混合均匀,燃气温度高。应适当降低进气涡流强度以改善NO_x 的排放。

参 考 文 献

- 1 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
- 2 刘忠长, 刘巽俊, 许 允, 等 车用柴油机排气微粒分流式稀释取样测量系统的研制 汽车工程, 1997, (1): 45~ 51