

EGR 阀开度对柴油发动机性能的影响

王睿,程晓章,管金彪

合肥工业大学汽车与交通工程学院,安徽 合肥 230009

摘要:为提高柴油发动机性能,对某柴油机进行不同负荷、不同 EGR 阀开度的台架试验,研究废气再循环(exhaust gas recirculation,EGR)技术对发动机性能的影响。结果表明:不同负荷下,EGR 阀开度增大, NO_x 排放减少,碳烟排放增加;发动机负荷越大,爆压越大;EGR 阀开度增大,发动机爆压减小;发动机负荷对燃油消耗率的影响较大,低负荷下,随 EGR 阀开度增大,燃油消耗率降低;中负荷下,EGR 阀开度对燃油消耗率影响不大;高负荷下,随 EGR 阀开度增大,燃油消耗率增大。为实现发动机燃油经济性 & 排放性能之间的平衡,发动机中、低负荷下可适当增大 EGR 阀开度,高负荷下应适当减小 EGR 阀开度。

关键词:EGR 阀开度;燃油经济性; NO_x 排放;爆压

中图分类号:TK422

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2024)06-0089-04

引用格式:王睿,程晓章,管金彪. EGR 阀开度对柴油发动机性能的影响[J]. 内燃机与动力装置,2024,41(6):89-92.

WANG Rui, CHENG Xiaozhang, GUAN Jinbiao. The influence of EGR valve opening on a diesel engine performance[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2024,41(6):89-92.

0 引言

传统柴油机具有热效率高、转矩大、维护成本低等优势,是载货汽车的优选动力来源。但柴油机压燃的燃烧方式使过量空气系数较大, NO_x 排放高于汽油机^[1-2]。为了满足国六重型柴油机排放控制要求,柴油机通常采用废气再循环(exhaust gas recirculation,EGR)技术减少燃烧过程中的 NO_x 排放,采用柴油机氧化催化剂(diesel oxidation catalyst,DOC)-柴油颗粒捕集器(diesel particulate filter,DPF)-选择性催化还原(selective catalytic reduction,SCR)后处理技术路线减少 CO、HC 等污染物排放^[3-4]。

EGR 技术主要有内部 EGR 和外部 EGR 两种方式,在实际应用中,外部 EGR 技术以更高的控制精度和更好的排放性能成为主要技术方式^[5-7]。外部 EGR 技术是指从排气系统引出一部分废气,在进气管与新鲜混合气混合后再次进入气缸燃烧,由于废气的主要成分是 CO_2 ,比热容相对空气较高,可提高缸内工质比热容,吸收部分热量,降低燃烧温度和排气温度,抑制爆震,提高燃油经济性。同时,废气中含氧量较低,减少了 NO_x 生成^[8-10]。

通常采用 EGR 率评价进入的废气量,EGR 率为再循环排气体积与吸入气缸空气体积和再循环排气体积和的比^[11-12],可通过调节 EGR 阀开度实现对 EGR 率的调整。大量研究表明 EGR 率影响发动机燃烧和排放。王成刚^[13]采用 FIRE 软件模拟分析发现,随着 EGR 率增大,排放中的 NO_x 大幅减少,碳烟排放略有升高。唐盛世等^[14]在不同 EGR 率下对碳烟、CO、HC 及颗粒物(particulate matter,PM)的排放特性进行试验研究,发现 EGR 率低于 15%时,随着 EGR 率增大,排放中碳烟、CO、HC 及 PM 的质量分数略微增加, NO_x 排放大幅减少;EGR 率高于 15%时,随着 EGR 率增大,排放中碳烟、CO、HC 及 PM 的质量分数急剧升高。谭丕强等^[15]对高压压缩比下某增压直喷汽油机不同 EGR 率的燃烧和排放特性进行试验研究,

收稿日期:2024-10-09

基金项目:国家自然科学基金青年项目(52106139)

第一作者简介:王睿(2000—),女,安徽滁州人,硕士研究生,主要研究方向为内燃机后处理,E-mail:1581825699@qq.com。

发现随着 EGR 率增大,点火提前角增大,燃烧持续期延长,缸内最大压力和最大放热率减小,HC 比排放增加,CO 比排放先减小后增加,NO_x 排放大幅降低。本文中以某柴油机为例,通过台架试验分析不同负荷下 EGR 阀开度对发动机性能的影响。

1 试验设计

某 H25-106E60 高压共轨柴油机,采用外部 EGR 技术,后处理技术为 DOC-DPF-SCR-氨逃逸催化器(ammonia slip catalyst,ASC)。发动机主要技术参数如表 1 所示。

表 1 发动机主要技术参数

气缸数	排量/L	缸径/mm	行程/mm	怠速转速/(r·min ⁻¹)	最大转矩/(N·m)	额定转速/(r·min ⁻¹)	最大转矩转速/(r·min ⁻¹)
4	2.5	90.5	97.2	750±100	460	3 000	2 000

发动机台架能够模拟车辆在不同工况下的工作状态,本试验测试设备名称及精度如表 2 所示。电力测功机实现对目标工况的精确控制,AVL 油耗仪精确测量有效燃油消耗率 b_e ,AMAI60 尾气检测分析系统对车辆行驶中排放的 CO、NO_x、总碳氢化合物(total hydro carbons,THC)等进行直接取样分析,415SE 烟度计检测尾气中的碳烟排放,CVS 排气分析设备对车辆行驶循环测试中排放的 CO、NO_x、THC 进行稀释采样与气流分析,燃油压力控制系统稳定柴油供给压力。

表 2 测试设备名称及精度

设备名称	精度
电力测功机	转速精度为满量程的±0.08%,转矩精度为满量程的±0.2%
AVL 油耗仪	0.01 kg/h
AMAI60 尾气检测分析系统	≤0.5%
415SE 烟度计	满量程的 0.001
CVS 排气分析设备	≤0.5%
燃油压力控制系统	0.1 kPa

试验环境温度为 25 ℃,进气温度为 22.35 ℃,发动机转速为 1 949 r/min,对应低、中、高三种负荷工况,转矩分别设为 115、312、438 N·m,EGR 阀开度为 10%~40%。若 EGR 阀开度小于 10%,对阀门的控制精度要求太高;若 EGR 阀开度过大,导致所受压力较大。通过台架试验,分析不同负荷、不同 EGR 阀开度对发动机排放、爆发压力及燃油消耗率的影响。

2 试验结果及分析

2.1 发动机排放

不同负荷下,EGR 阀开度对发动机排放的影响如图 1 所示。

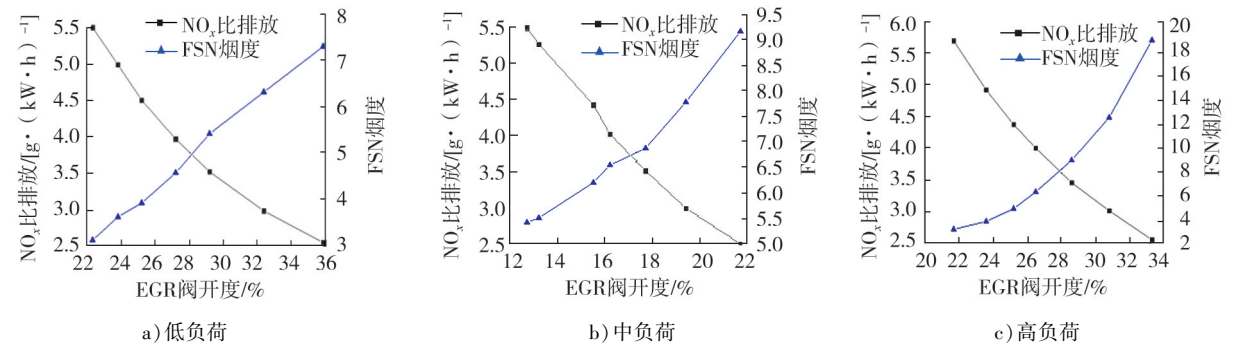


图 1 不同负荷下,EGR 阀开度对 NO_x 及烟度排放的影响

由图 1 可知:不同负荷下,随着 EGR 阀开度增大,NO_x 排放减小,FSN 烟度增大。原因为随着 EGR 阀

开度增大,引入进气管的废气越来越多,破坏了生成 NO_x 的高温富氧环境;燃烧室氧气体积分数减小,温度下降导致 HC 燃烧不完全,FSN 烟度增大。发动机在低、中负荷下使用 EGR 技术,发动机排放较低。

2.2 发动机爆压

不同负荷下,EGR 阀开度对发动机爆压的影响如图 2 所示。

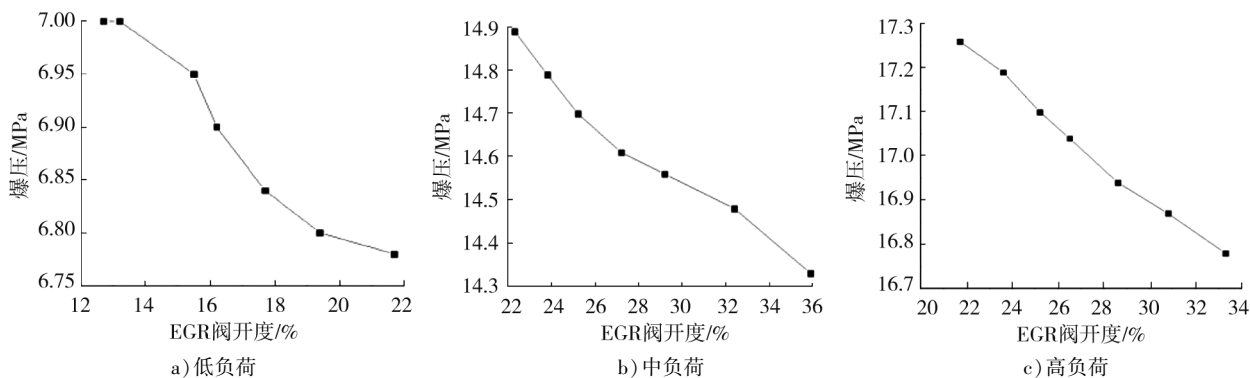


图2 不同负荷下 EGR 阀开度对爆压的影响

由图 2 可知:爆压随着发动机负荷增大而增大;随着 EGR 阀开度增大,爆压逐渐减小。原因为发动机负荷增大,气缸内可燃混合气增加,导致爆压升高;随着 EGR 阀开度增大,燃烧室氧气体积分数和燃烧温度降低,抑制了爆震现象,爆压逐渐减小。为满足发动机动力要求,高负荷下应减小 EGR 阀开度;中低负荷下,可适当增大 EGR 阀开度,减小爆压,以减轻气缸、活塞环等部件的磨损。

2.3 燃油消耗率

不同负荷下,EGR 阀开度对发动机燃油消耗率 b_e 的影响如图 3 所示。

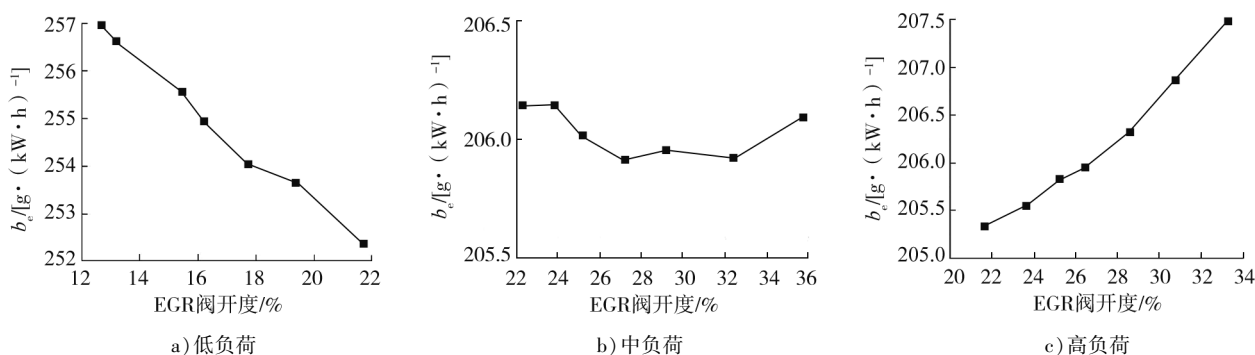


图3 不同负荷下 EGR 阀开度对燃油消耗率的影响

由图 3 可知:随着 EGR 阀开度增大,低负荷下燃油消耗率逐渐降低;中负荷下燃油消耗率变化趋势不明显;高负荷下燃油消耗率逐渐升高;当 EGR 阀开度大于 30% 时,高负荷工况的燃油消耗率明显高于中负荷工况。原因为中、低负荷下,随着 EGR 阀开度增大,泵气损失逐渐降低,燃油消耗率减小,燃油经济性提高;高负荷下,随着 EGR 阀开度增大,缸内爆发压力明显减小,产生的碳烟越来越多,燃油消耗率增大,燃油经济性降低。发动机在中低负荷下使用 EGR 技术有利于提高燃油经济性,且 EGR 阀开度可适度增大。

3 结论

1) 发动机不同负荷下,采用 EGR 技术, NO_x 排放降低,FSN 碳烟增加,可通过调整 EGR 阀开度达到相应平衡。

2) 发动机不同负荷下,EGR 阀开度增大会降低爆压;负荷越大,爆压越大,为提高动力需求,高负荷

下宜减小 EGR 阀开度;中低负荷下,可适当增大 EGR 阀开度,以减轻对发动机的磨损。

3)随着 EGR 阀开度增大,低负荷下燃油消耗率降低,中等负荷下燃油消耗率变化不显著,高负荷下,燃油消耗率增大。为提高燃油经济性,中低负荷下可适当增大 EGR 阀开度,高负荷下应减小 EGR 阀开度。

参考文献:

- [1] 雷艳,秦超,仇滔,等.柴油机台架群的 NO_x 排放分布式控制技术[J]. 内燃机学报,2022,40(4):338-344.
- [2] 贾传德. 国六重型柴油机后处理技术路线分析[J]. 科技视界,2018(16):147-148.
- [3] 吕志华,张英,张朝阳,等. 轨压和 EGR 率对柴油机性能的影响[J]. 内燃机与动力装置,2018,35(3):45-48.
- [4] 李东利,宋志辉,刘岩,等. 汽油机 EGR 系统开发及应用[J]. 内燃机,2021(5):55-57.
- [5] RAZMAVAR A, MALAYERI M R, ABD E M S. Influence of secondary flow on the thermal performance of exhaust gas recirculation (EGR) coolers[J]. International Journal of Thermal Sciences,2021,161:106720.
- [6] 韩立伟,史明杰,徐金辉,等. 不同工况下 EGR 率对发动机性能的影响[J]. 内燃机与动力装置,2022,39(4):67-71.
- [8] 韩文艳,王晓,杨建勇. EGR 策略对防爆柴油机性能的影响研究[J]. 内燃机,2021(1):56-59.
- [9] 杨欣欣,石磊,曲栓,等. EGR 率和进气温度耦合作用下的低温燃烧试验研究[J]. 车用发动机,2017(3):8-13.
- [10] 楼狄明,王博. 低压 EGR 对增压直喷汽油机燃烧和油耗的影响[J]. 同济大学学报(自然科学版),2020,48(6):890-897.
- [11] 张海燕,孟雨航,陈学东,等. EGR 对点燃式大功率甲醇发动机的影响研究[J]. 工程热物理学报,2022,43(12):3374-3382.
- [12] 殷海红,解永辉,李海庆,等. 某车用柴油机 EGR 系统应用试验研究[J]. 内燃机与动力装置,2020,37(6):73-78.
- [13] 王成刚. 高压共轨柴油机喷射参数和 EGR 影响的模拟研究[D]. 长春:吉林大学,2009.
- [14] 唐盛世,李壮,朱召军,等. EGR 率对混合燃料燃烧与排放特性的影响研究[J]. 广西大学学报(自然科学版),2019,44(5):1348-1354.
- [15] 谭丕强,周捷,楼狄明,等. 废气再循环率对高压压缩比增压直喷汽油机燃烧与排放特性的影响[J]. 内燃机工程,2022,43(3):100-108.

The influence of EGR valve opening on a diesel engine performance

WANG Rui, CHENG Xiaozhang, GUAN Jinbiao

School of Automobile and Transportation Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: In order to improve the diesel engine performance, the bench test of a diesel engine under different loads and EGR valve openings is carried out to study the influence of exhaust gas recirculation technology on the engine performance. The results show that under different loads, the increase of EGR valve opening reduces the NO_x emission and increases the carbon emission. The greater the engine load, the greater the peak pressure. The increase of EGR valve opening reduces the engine peak pressure. The engine load has a greater influence on the fuel consumption rate, the fuel consumption rate decreases with the increase of EGR valve opening under low load, the EGR valve has little effect on the fuel consumption rate under medium load, the fuel consumption rate increases with the increase of EGR valve opening under high load. In order to achieve a balance between the fuel economy and emission performance of the engine, the EGR valve opening can be appropriately increased under medium and low loads of the engine, and the EGR opening should be appropriately reduced under high load.

Keywords: EGR valve opening; fuel economy; NO_x emission; peak pressure

(责任编辑:胡晓燕)