

汽油机高压 EGR 均匀性问题研究

Research of GDI High Pressure EGR Uniformity

张宇璠, 王占峰, 王振喜, 刘金玉, 宫艳峰, 黄平慧
(中国第一汽车股份有限公司研发总院, 长春 130011)

摘要: 近几年汽油机 EGR 技术日益发展, 利用外部废气再循环, 可以有效降低缸内爆震倾向, 提升汽油机燃油经济性。本文利用 GT-Power 针对常规布置的高压 EGR 进行性能仿真, 并提出两缸取废气的非常规取废气方式, 可以扩展高压 EGR 应用区域, 同时减小非常规取废气导致的 EGR 率各缸不均匀性程度。

关键词: 增压汽油机, 高压 EGR, 两缸取废气, 均匀性, GT-power

Abstract: Gasoline engine EGR technology developing in recent years. External exhaust gas recirculation can effectively reduce the detonation tendency in cylinder, increase gasoline engine fuel economy. This paper used GT-Power to do HP EGR performance simulation, focused on unnormal EGR arrangement advantage on EGR uniformity.

1 引言

汽油机 EGR 技术可以降低增压汽油机爆震倾向, 提高小负荷节气门开度, 减少节流损, 提升汽油机燃油经济性, 根据布置方式的不同有高、低压 EGR 布置。低压 EGR 从三元后取废气, 从压气机入口输入, 优点是压前空气压力较低 (大气压附近), 两侧较方便建立压差, EGR 应用范围较广, 缺点是废气经过压气机和进气中冷器, 对压气机和中冷器有腐蚀等耐久方面的不利影响; 高压 EGR 废气在中冷后注入, 优点是不会腐蚀进气中冷器和压气机, 缺点是中冷后进气压力较高, 只有中高转速区域才能建立压差, EGR 应用范围较小。本文提出两缸取废气的非常规取高压 EGR 布置方式, 利用一维仿真进行性能计算, 扩展高压 EGR 应用区域, 研究高压 EGR 不均匀性问题。

2 发动机基本情况介绍

本文计算分析的对象为一汽 1.2L 增压汽油机 FAW12TD, 该机型的基本参数如表 1 所示:

表 1 发动机基本参数

项目	参数
缸径/mm×行程/mm	72×73
S/D	1.02
排量/cm ³	1199
气门个数	4
额定功率 Kw	100
最大扭矩 N.m	204

3 建模

如下图所示, 图 1 为常规四缸取废气的高压 EGR 布置方式, 从涡轮机前排气总管取废气, 此处四缸排气汇合, 排气压力趋于稳定; 图 2 为单缸取废气, 在第四缸排气管和总管汇合前取废

气引入 EGR 管路，此时单缸排气管较总管直径小，排气压力高，可以在中低转速建立压差，实现较大 EGR 率，但是低转速由于单缸排气脉冲时间较短，各缸 EGR 率不均匀；图 3 所示为本文提出的一种新的高压 EGR 布置方式-两缸取废气，利用连续两缸排气，抵消单缸排气脉冲带来的 EGR 不均匀性，同时也有较大的 EGR 应用范围。

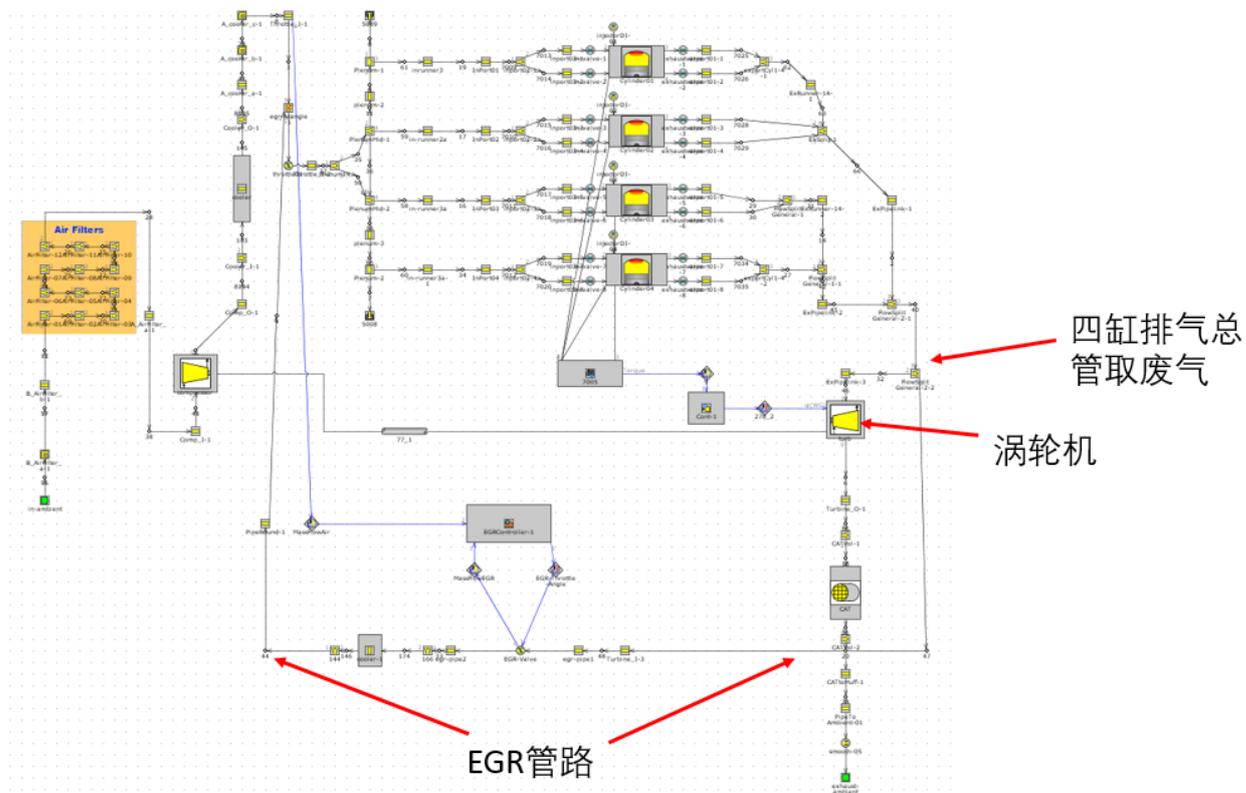


图 1. 常规 EGR 模型

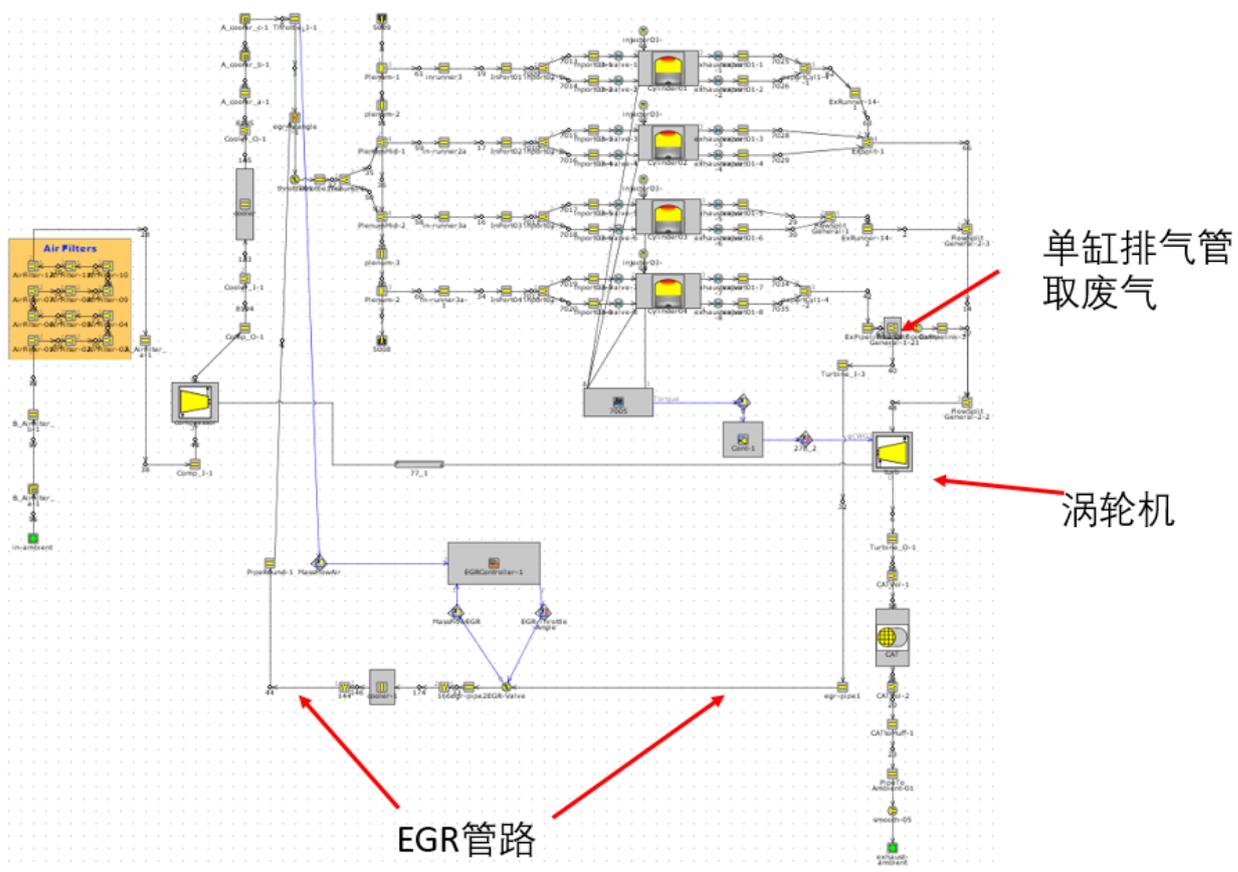


图 2. 单缸取废气高压 EGR 布置方式

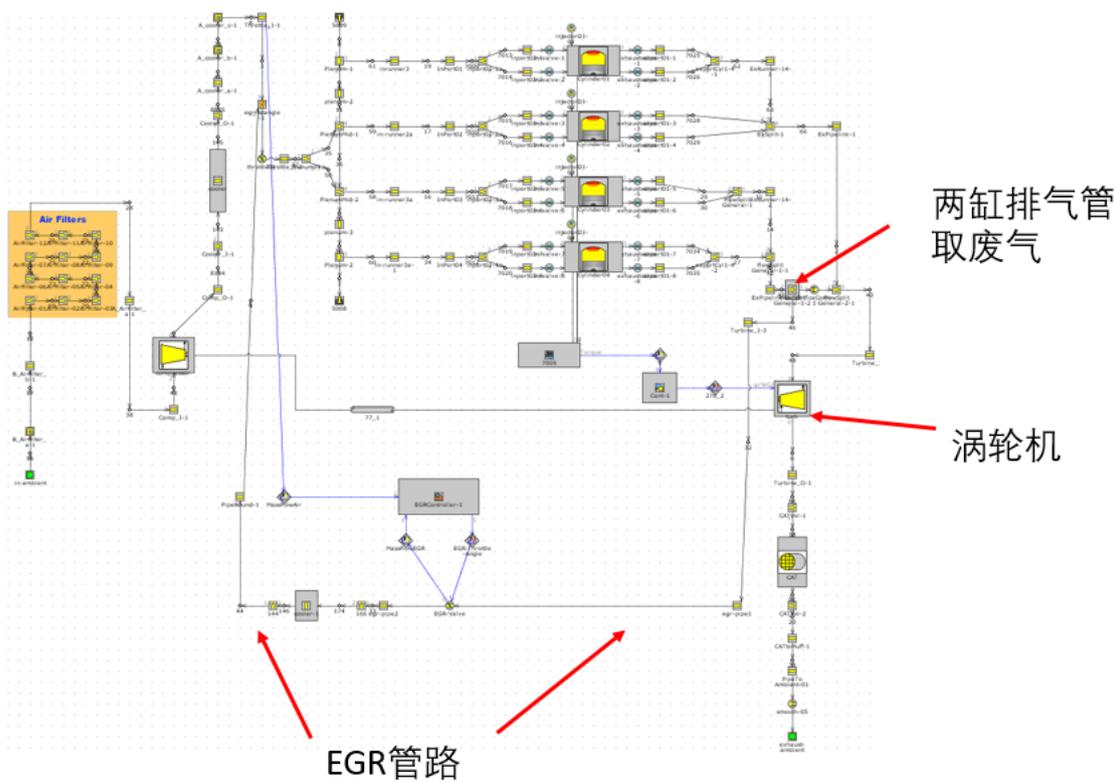


图 3. 两缸取废气高压 EGR 布置方式

4 仿真结果分析

4.1 常规高压 EGR 布置仿真结果

如图 4 和图 5 所示，常规高压 EGR 布置，由于中低转速排气端压力不高，进气端由于增压缘故压力较高，因此在 3000 转速以前不能建立足够的压差，没有较大的 EGR 率，并且常规高压 EGR 从排气总管取废气，各个缸之间 EGR 率偏差不大。

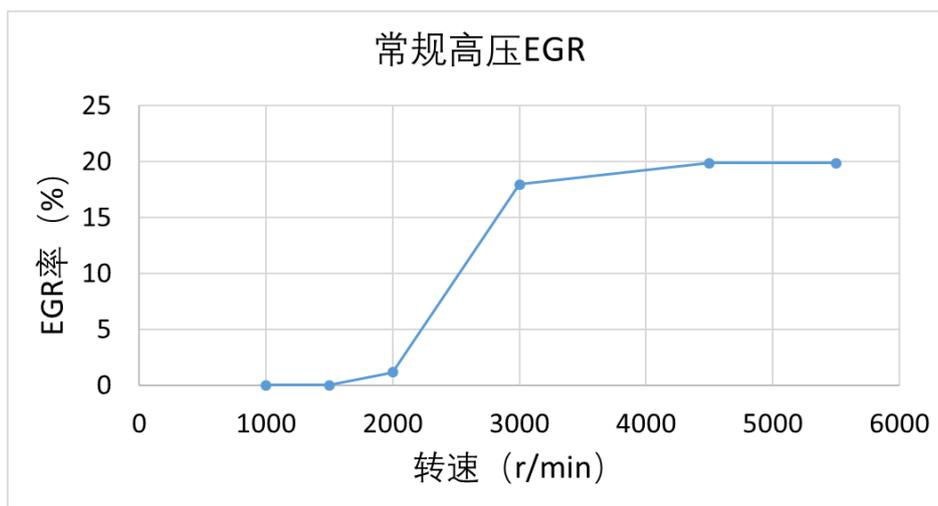


图 4 常规高压平均 EGR 率

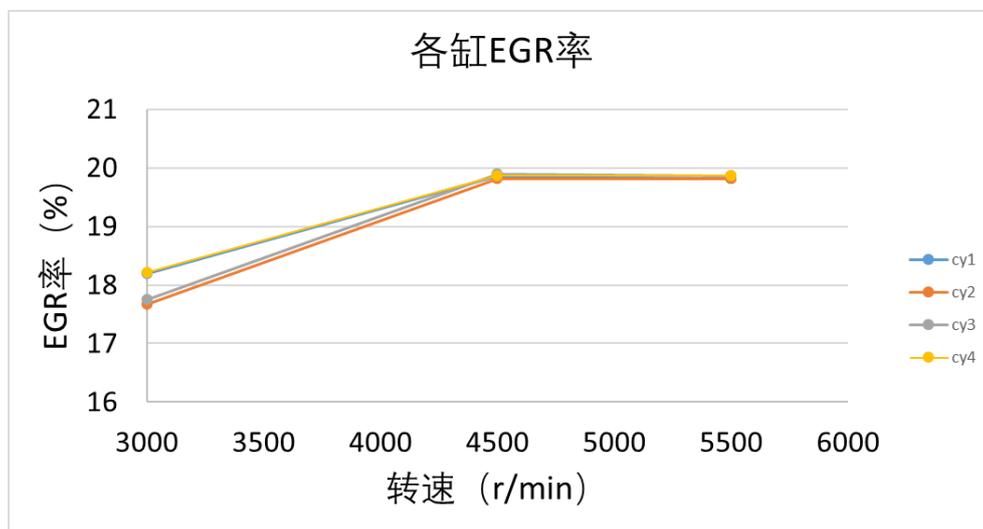


图 5 常规高压各缸 EGR 率分布

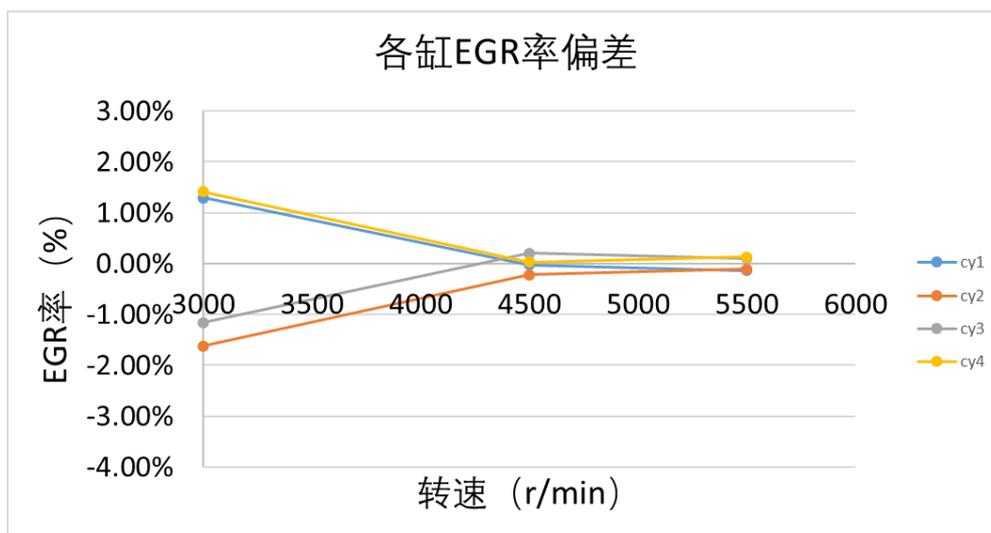


图 6 常规高压各缸 EGR 率偏差

4.2 单缸取废气高压 EGR 布置仿真结果

如图 7，单缸取废气高压 EGR 布置，由于单缸取废气，排气压力较高，在中低转速区域可以建立较大压差，实现较大的 EGR 率。但是单缸取废气导致各缸排气压力不均匀，并且单缸在低转速排气脉冲的作用使得各缸之间 EGR 率分布非常不均匀。如图 8 和 9 所示，低转速各缸 EGR 率不均匀问题更为严重，最大偏差在 $\pm 35\%$ ；而高转速区域较为均匀，这也说明单缸排气脉冲对 EGR 率不均匀的影响，中低转速排气脉冲间断，而高转速排气脉冲趋于连续。

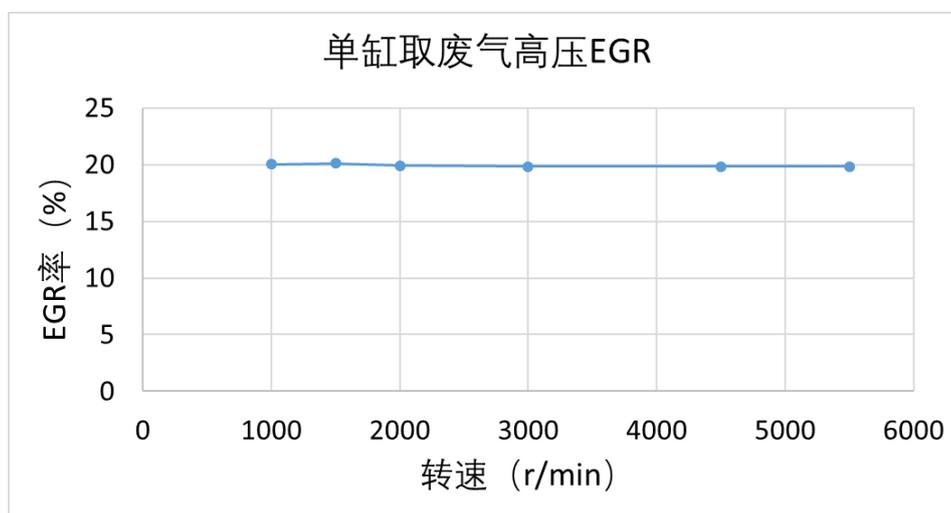


图 7 单缸取废气高压平均 EGR 率

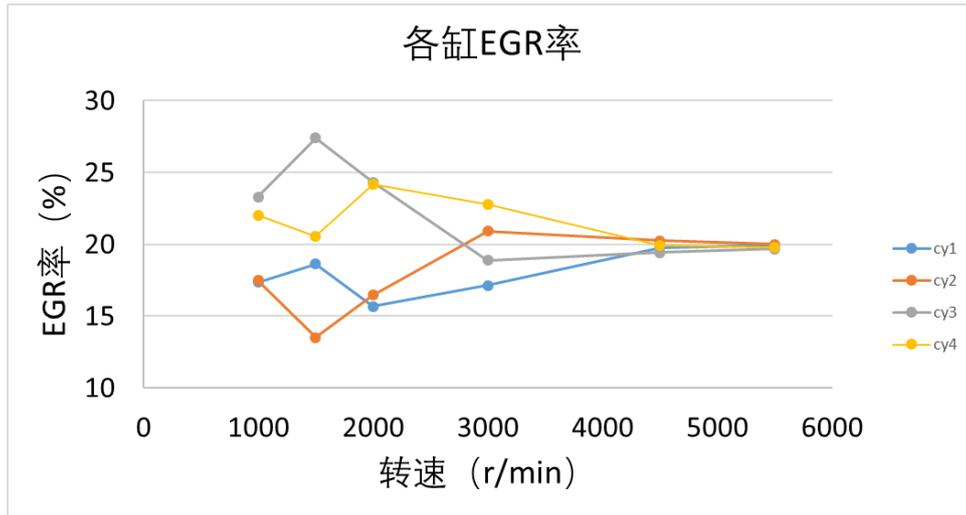


图 8 单缸取废气高压各缸 EGR 率分布

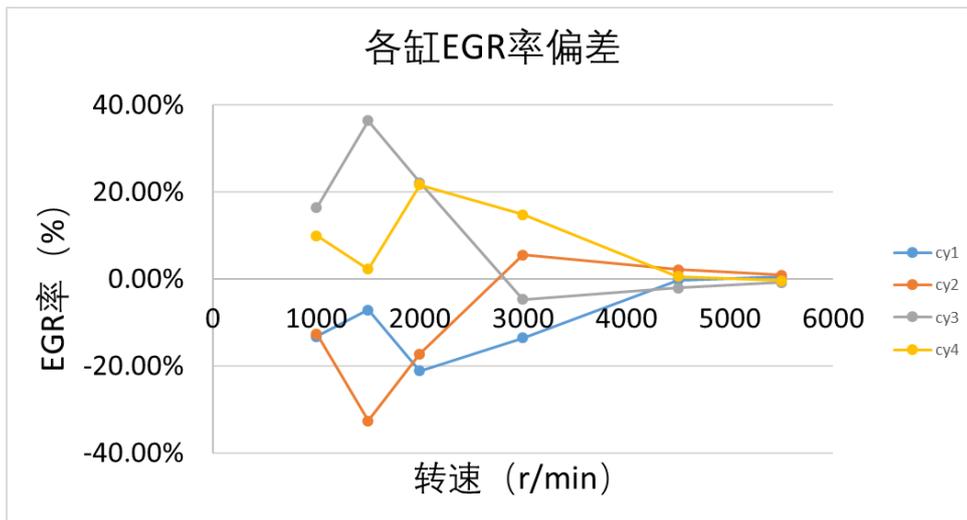


图 9 单缸取废气高压各缸 EGR 率偏差

4.3 两缸取废气高压 EGR 布置仿真结果

针对单缸取废气各缸 EGR 率不均匀问题, 本文提出一种新的高压 EGR 布置方式-两缸取废气高压 EGR 布置, 通过取两缸排气, 减弱单缸排气脉冲影响。在取废气的两缸排气混合管路引出一通路, 导入涡轮机, 如果不需要较高 EGR 率, 可以通过减小 EGR 阀门开度, 将多数排气引入涡轮机, 配合涡轮机废气旁通阀, 增大排气能量; 如果需要应用较大 EGR 率, 可以增大 EGR 阀门, 开度, 此时两缸排气管路较四缸排气总管直径小, 压力高, 可以建立 EGR 管路两侧较大压差, 增大 EGR 应用范围, 同时两缸排气可以延长排气时间, 减弱单缸排气脉冲导致各缸 EGR 不均匀性问题。在低转速区域也可以实现较大的 EGR 率, 并且各缸之间 EGR 率均匀性得到较大提高, 两缸取废气可以极大的减弱单缸排气脉冲作用在中低转速带来的 EGR 率各缸不均匀问题。

如图 10 所示, 两缸取废气高压 EGR 布置, 1000-5500r/min 可以实现 20%EGR 率, 图 11 和 12 可以看出, 两缸取废气比单缸取废气, 各缸 EGR 率不均匀性明显降低, 问题较为严重的中低转速区域, 各缸 EGR 率也可以维持在 $\pm 4\%$ 偏差范围。

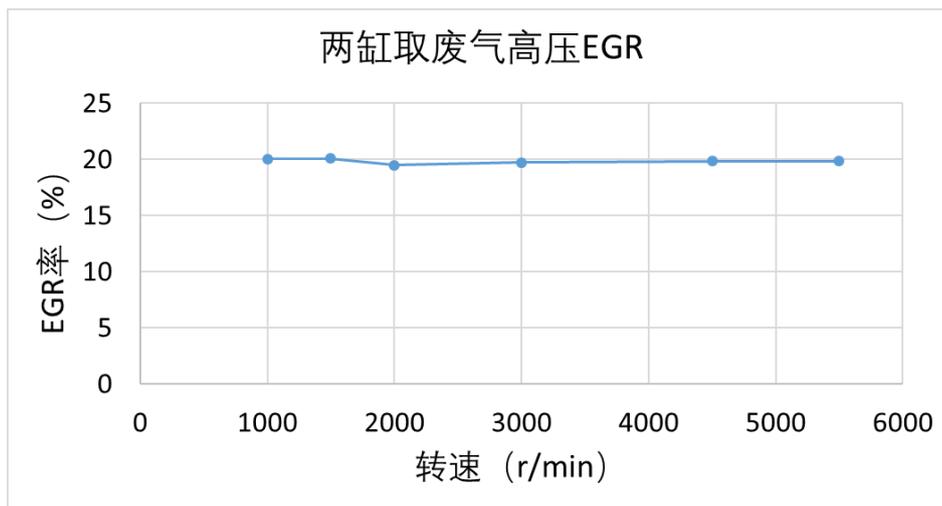


图 10 两缸取废气高压平均 EGR 率

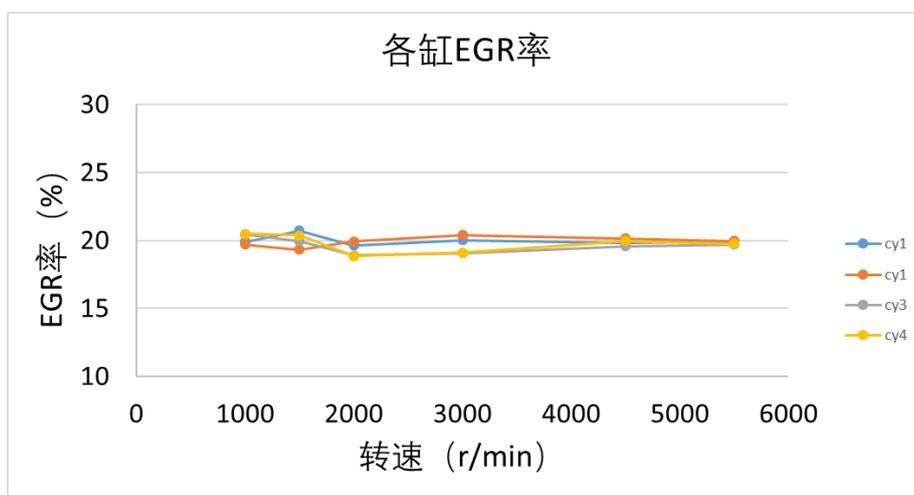


图 11 两缸取废气高压各缸 EGR 率

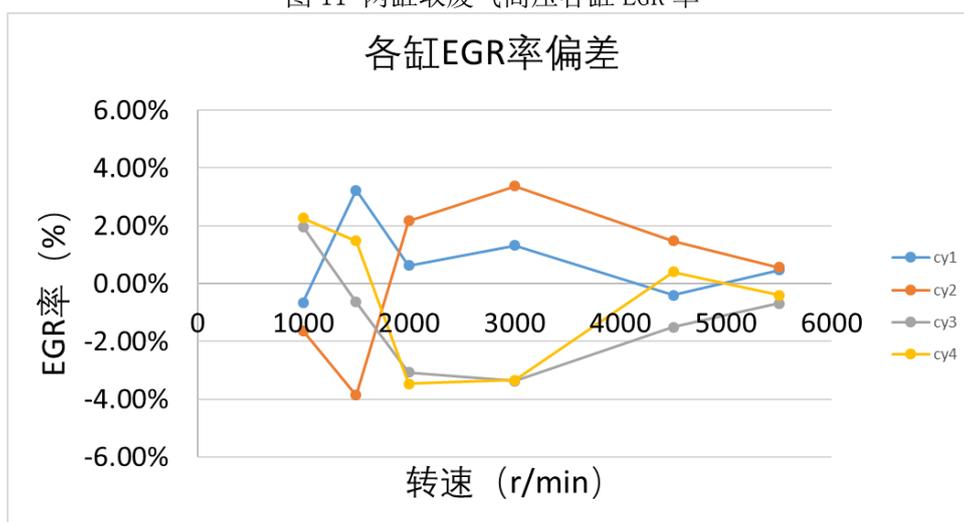


图 12 两缸取废气高压各缸 EGR 率偏差

5 总结

- (1) 常规高压 EGR 布置, 1000-3000r/min 中低转速区域不能注入太多 EGR 率.
- (2) 单缸取废气可以在中低转速区域注入 20%左右 EGR 率, 但是由于单缸排气脉冲作用, 各缸 EGR 率非常不均匀, 偏差在 $\pm 35\%$.
- (3) 采用两缸取废气可以在中低转速区域注入 20%EGR 率, 而且由于两缸排气脉冲较单缸均匀, 中低转速各缸 EGR 率偏差在 $\pm 4\%$, 可以极大的解决单缸 EGR 取废气导致的各缸 EGR 率不均匀问题。

参考文献:

- [1]周龙保. 内燃机学[M]. 北京: 机械工业出版社. 2011.
- [2]陈家瑞. 汽车构造[M]. 北京: 机械工业出版社. 2005.