

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.06.021

进气谐振器容积对汽油机进气性能的影响研究^{*}

张朝山¹, 熊树生^{2*}, 周 超²

(1. 杭州科技职业技术学院 机电工程学院, 浙江 杭州 310014; 2. 浙江大学 能源工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:针对发动机进气谐振器容积会对发动机的进气性能产生重要影响这一问题,利用 AVL-BOOST 软件建立了汽油机的仿真模型,并详细介绍了该模型的建立过程。根据所建立的模型,通过改变谐振器的容积,在不同的转速下进行了发动机的仿真计算,最后进行了比较和分析计算。研究表明,谐振器的容积对发动机进气性能有很大影响,通过适当改变谐振器容积最多可以提高原机 1.4% 的充量系数;针对这款 480 发动机,谐振器容积最好选择在 0.6 L ~ 1.0 L 之间;不同的机型还需要通过计算合理进行选择。

关键词:进气谐振器;容积;充量系数;仿真

中图分类号:U464;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)06-0749-05

Research on effects of the volume of intake resonator on volumetric efficiency of the gasoline engine

ZHANG Chao-shan¹, XIONG Shu-sheng², ZHOU Chao²

(1. Hangzhou Polytechnic, Mechanical and Electrical Engineering Hangzhou 310014, China;

2. College of energy engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at the volume of an intake resonator had a great effect on the volumetric efficiency of the engine, simulation model of gasoline engine was built up by using AVL-BOSST software. And the established process of the model was introduced in detail. According to the established model, simulation was run by changing the volume of the resonator at different rotational speed of engine. Finally the comparing and analyzing were made. The results indicate that the size of the volume of resonator has very important influence on the inlet performance, the original machine charge coefficient can be increased up to 1.4% by appropriate changes in the resonator volume. For the 480 gasoline engine, the volume of resonator had better choose between 0.6 L to 1.0 L. Different models need to be calculated according to the reasonable choice.

Key words: intake resonator; volume; volumetric efficiency; simulation

0 引 言

随着能源的日益短缺和人们对环境污染问题的日益关注,要求新一代的发动机具有更高的动力性、经济性和环保性能^[1]。相同大小的气缸容积,在相同的进气状态下若能吸入更多的新鲜空气,则可以容许喷入更多的燃料,在同样的燃烧条件下可以获得多的有用功因此可以通过提高充气效率来提高发动机的动力

性^[2]。进气谐振是提高发动机的充气效率的有效措施,目前利用进气谐振改善进气的方法有改变进气管长度、采用串联谐振器及并联谐振器。一般车用发动机多采用可变进气管长度及串联谐振的方式来改善发动机的充气效率^[3]。

发动机节气门与进气歧管中间相连的那段就是谐振器^[4],它在整个发动机进气过程中起着非常重要的作用。由于进气波动合成波在进气道来回反射必然要

收稿日期:2016-04-05

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(Y1090503)

作者简介:张朝山(1970-)男,河北滦南人,副教授,主要从事发动机性能优化方面的研究。E-mail: 1422389043@qq.com

通信联系人:熊树生,男,博士,副教授。E-mail: xiongss@zju.edu.cn

经过谐振腔,谐振腔容积的大小会对合成波造成一定影响^[5]。因此,根据发动机设计合适容积的谐振器有着重要的意义。之前很多学者也对该课题做出了相关的研究但大多数知识局限在两者确实存在很密切的联系,但具体的谐振器设计却很少涉及,因此,本研究将在之前的学者的基础进一步研究,针对某一款发动机对它的谐振器进行设计。

AVL-BOOST 是 AVL 公司开发的汽车、发动机系列模拟软件的一个模块,主要针对发动机气体交换和热力性能的分析。AVL BOOST 可以对发动机进行模拟仿真,通过建模去模拟一个实际存在或正在设计中的真实系统,以再现(可视化)或分析(数值计算)真实系统的本质特征,可节省大量人力和物力^[6]。

本研究利用 BOOST 建立四缸的汽油机模型,然后进行仿真研究。

1 进气谐振器容积的计算

1.1 试验机型和模型简化

本研究所采用的机型如表 1 所示。

表 1 发动机的基本参数

型式	直列四冲程
缸数	4
缸径/mm	80
活塞行程/mm	78
压缩比	11.9
总排量/L	1.6
进气相位	开启:上止点前 17°CA,关闭:下止点后 47°CA
额定转速/(n·min ⁻¹)	6 000
点火方式	1-2-4-3

根据多缸机共用一谐振箱系统的实验结果和系统的结构特征,可将谐振系统视为单自由度的谐振系统,通过用所有各气缸活塞速度某阶谐振波的依次叠加,来模拟吸气过程对系统的激发作用;同时还可将谐振箱中谐振的气体看作是一个有弹性但质量的理想弹簧,谐振管中的气体当作不可压缩气柱;并认为整个系统是绝热的^[7]。

简化模型如图 1 所示。

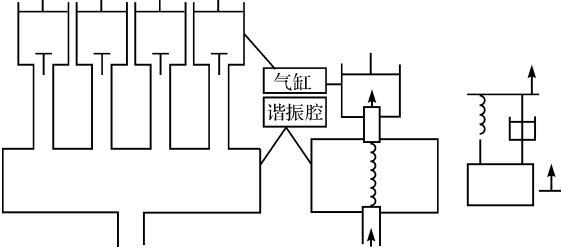


图 1 简化系统模型

当系统内气体的固有频率等于激发频率时,压力波幅值达到最大值,从而实压这时发动机的谐振增压,这是发动机的转速称为谐振转速,根据 Helmholtz 谐振原理,谐振转速为^[7]:

$$n = \frac{60a}{v\pi} \sqrt{\frac{A_R}{V_{RT}l_R}} \tag{1}$$

式中: a —当地气体音速,m/s; V_{RT} —谐振腔总体容积, m^3 ; l_R —谐振管长度,m; A_R —谐振管截面积, m^2 ; v —气缸容积, m^3 。

由上式可以看出定的进气管参数和谐振箱容积,对应一定的谐振转速,并且现代四冲程车用内燃机中,整体系统一般只有一个谐振转速在实用转速范围内出现^[8]。对于该机型,在进气总管不变的情况下,谐振转速约为 3 000 r/min ~ 5 000 r/min,因此在这个转速范围内进气性能的差异更能反映出谐振器的效果的好坏。

1.2 谐振器容积的选择

参考以往学者大多数资料,通常把发动机排量的 55% 左右作为谐振腔容积^[9]。本机的排量为 1.6 L,谐振器的容积为 1.0 L,因此为了验证谐振器的容积对进气性能的影响,本研究选择谐振器的容积范围为 0.4 L ~ 1.8 L。

2 计算模型的建立

试验利用 AVL-BOSST 建立 480 汽油机工作的一维模型,然后通过计算分析,从而得出结论。

BOSST 模型如图 2 所示。

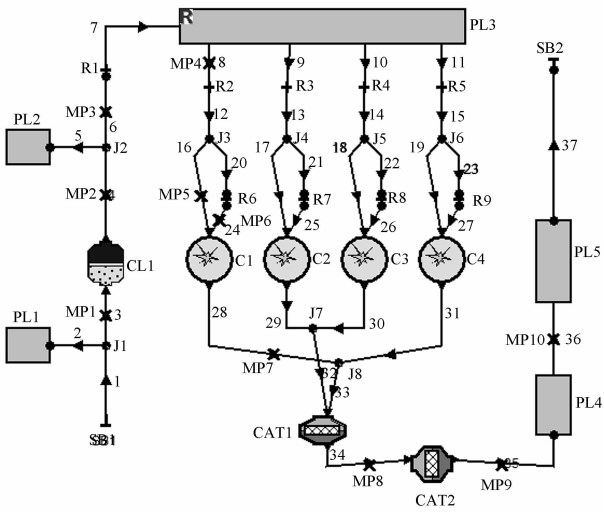


图 2 发动机 BOOST 模型

该模型的元素参数如表 2 所示。

表 2 模型的各参数	
Element Name(元素名称)	Number(数量)
PIPE(管)	37
SYSTEM_BOUNDARY(边界)	2
PLENUM(谐振腔)	5
CYLINDER(气缸)	4
RESTRICTION(节流)	9
MEASURING_POI(测量点)	10
AIRCLEANE(空气滤清器)	1
JUNCTION(三通)	8
CATALYST(催化剂)	2

该模型的选择的燃烧模型为 VIBE 燃烧模型,换热模型选择采用 Woschni1978 公式^[10]:

$$\alpha_w = 130D^{-0.2}T^{-0.53}p^{0.8}\left[C_1C_m + C_2\frac{V_hT_1}{p_1V_1}(P - p_0)\right]^{0.8}$$

(2)

式中: $C_1 = 2.28 + 0.308C_u/C_m$; $C_2 = 0.00622$; D —气缸直径,m; T —气缸内的气体温度,K; T_1 —进气门关闭时的缸内温度,K; p_1 —进气门关闭时的缸内压力,MPa; V_h —发动机单缸排量,L; V_1 —进气门关闭时的气缸体积,L; p —发动机实际缸内压力,MPa; p_0 —发动机的气缸压力,MPa; α_w —表面换热系数, $(W/(m^2 \cdot K))$; C_m —活塞平均速度,m/s; C_u —圆周速度,m/s; C_1 —气流速度系数; C_2 —燃烧室形状系数。

通过设定活塞、气缸盖、缸套的表面积及壁面温度,可计算工质与壁面的传热。

3 计算模型验证和结果分析

3.1 计算模型的验证

本研究中保持进气总管的长度为 510 mm,进气支管的长度为 700 mm 不变,改变谐振器的容积从 0.4 L 变化到 1.8 L,转速从 1 000 r/min 变化到 6 000 r/min。计算结果如图 3 所示。

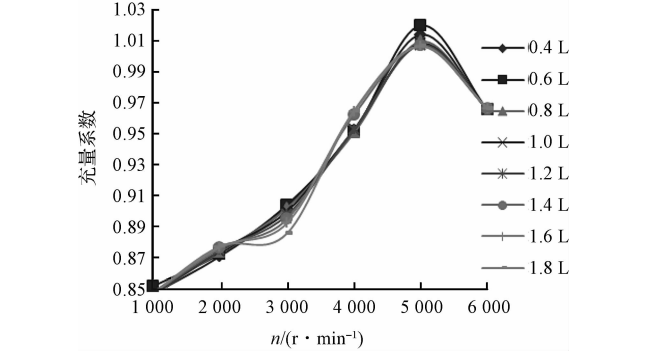


图 3 不同容积的谐振器在不同转速下的充量系数

3.2 谐振转速对充量系数的影响

由图 3 可以发现,发动机充量系数总是在 5 000 r/min 左右的时候充量系数达到最大值,而随着谐振腔的容积的不同,谐振转速确实在不断变化的,并且谐振转速在 3 000 r/min ~ 5 000 r/min 之间变化,因此,最大充量系数点与谐振转速总是存在的差异的,但是充量系数在谐振转速附近的时候,随着谐振器容积的变化充量系数变化较为剧烈。

3.3 谐振器的容积对充量系数的影响

为了更加清楚地体现出谐振器的容积对发动机充量系数的影响,可以按下式算出发动机充量系数变化率:

$$\beta = (\text{变化的谐振器下的发动机充量系数} - \text{原机下的充量系数}) / \text{原机的充量系数} \times 100\%$$

(3)

3 000 r/min 时不同容积谐振器的充量系数及变化率如图 4 所示。

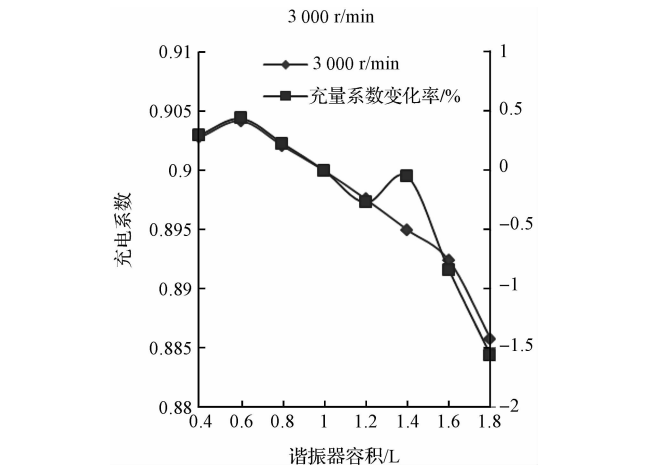


图 4 3 000 r/min 时不同容积谐振器的充量系数及变化率

4 000 r/min 时不同容积谐振器的充量系数及变化率如图 5 所示。

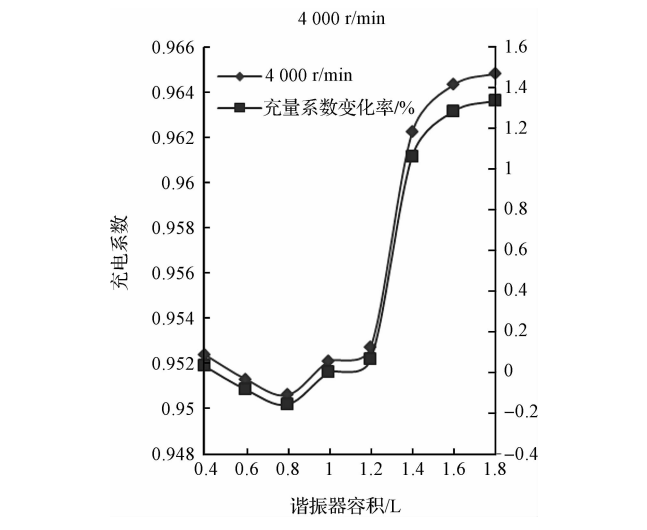


图 5 4 000 r/min 时不同容积谐振器的充量系数及变化率

5 000 r/min 时不同容积谐振器的充量系数及变化率如图 6 所示。

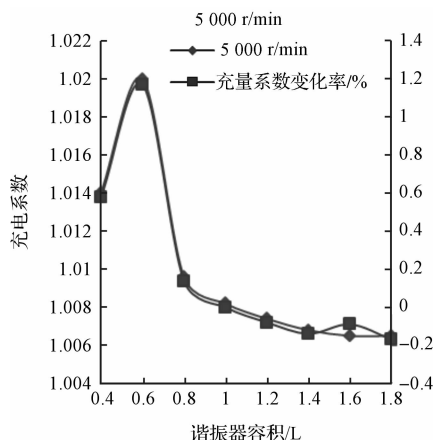


图 6 5 000 r/min 时不同容积谐振器的充量系数及变化率

由图(4~6)可以很明显地发现,在相同的转速下,发动机的充量系数有着很明显的变化。在 3 000 r/min 时,不同的谐振器容积下的充量系数和原机的充量系数的差异在 0.5% ~ -1.5%。而在 4 000 r/min 时变化的范围在 1.4% ~ -0.2% 之间。5 000 r/min 时的变化范围也在 1.2% ~ -0.2%。但在低速和高速的范围内,充量系数基本没什么变化,这是由于气流阻力增加,曲线变陡^[11-12]。

3.4 选择合适的谐振器容积

由图 3 所示,当转速在 2 000 r/min ~ 3 500 r/min 以及 4 500 r/min ~ 6 000 r/min 的时候,若谐振器的容积在 0.6 L ~ 0.8 L 之间时,发动机的充量系数都大于原机的充量系数,并且最多可以提高 1.2% 的充量系数。同时若容积大于 1.2 L 时,充量系数都低于原机的充量系数,最多可能会减低 1.5%。

当转速在 3 500 r/min ~ 4 500 r/min 时,若谐振器的容积在 0.6 L ~ 0.8 L 之间时,谐振器的充量系数基本和原机相同,而若容积大于 1.2 L 时,充量系数都会大于原机的充量系数,最多可以提高约 1.4%。

由图 7 所示,分别在 3 000 r/min 0.6 L 和 1.6 L 的容积进气口处的压力波动的不同。3 000 r/min 时,0.6 L 谐振器的压力波动明显强于 1.6 L,谐振效果好些。因为当谐振腔的容积过大时,谐振腔就相当于一个稳压腔,基本没有什么谐振效果了。

由图 8 所示,两者在进气口的压力曲线基本重合,说明谐振器的容积并不是通过谐振系统改变压力波来改变充量系数的,具体原因还有待研究。

3 000 r/min 的情况下 0.6 L 和 1.6 L 的谐振器进气口处的压力波动如图 7 所示。

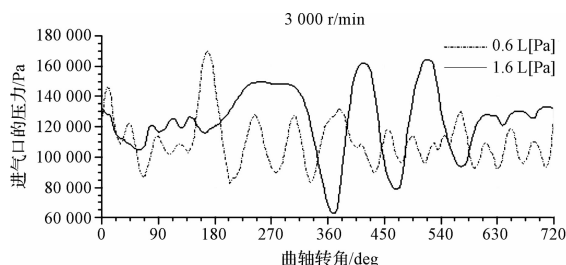


图 7 3 000 r/min 的情况下 0.6 L 和 1.6 L 的谐振器进气口处的压力波动

4 000 r/min 的情况下 0.6 L 和 1.6 L 的谐振器进气口处的压力波动如图 8 所示。

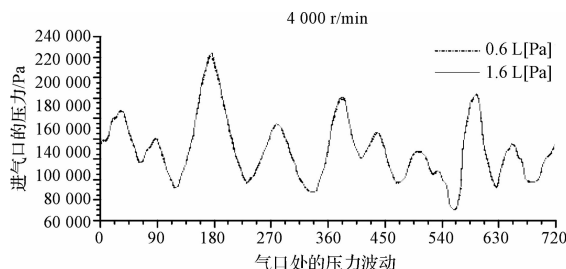


图 8 4 000 r/min 的情况下 0.6 L 和 1.6 L 的谐振器进气口处的压力波动

根据以上的分析,对于这款 480 的汽油机,谐振器的容积选择在 0.6 L ~ 1.0 L 之间都比较合适。

4 结束语

本研究针对发动机进气谐振器容积会对发动机的进气性能产生重要影响的问题,利用 AVL-BOOST 软件建立了汽油机的仿真模型,并详细介绍了该模型的建立过程,研究表明:

(1) 发动机的最大充量系数点基本都保持在 5 000 r/min 左右,与谐振转速有一定的差异。但发动机在谐振转速附近时,充量系数随着谐振器容积的变化而变化幅度较大。

(2) 谐振器的容积对发动机的进气性能有很重要的影响,合适的谐振器容积最多可以提高原机大约 1.4% 的充气效率。

(3) 对于这款 480 汽油机来说,选择容积在 0.6 L ~ 1.0 L 之间的谐振器比较合适。而对于不同的机型,需要通过计算,选择适当容积的谐振器,充分利用进气谐振,提高进气效率。

参考文献 (References):

- [1] 马超,赵永娟,刘云岗,等. 车用发动机谐振进气系统[J]. 内燃机与动力装置,2009,26(5):41-48.
- [2] 周龙保. 内燃机学[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

- [3] 马 南,刘耀武,张所金,等. 进气管长度可变系统的研究[J]. 车用发动机,2003,26(4):22-24.
- [4] 裴建权. 可变进、排气系统对发动机动力性作用影响分析[D]. 长春:吉林大学机械科学与工程学院,2012.
- [5] 刘近平,李 鹏. 谐振箱对 LJ465Q 发动机进气系统影响的仿真研究[J]. 装备制造技术,2011(4):11-13.
- [6] 丁维新,彭北京,邓定红,等. 应用 AVL-BOOST 软件对发动机排气系统设计优化[J]. 摩托车技术,2008,21(9):42-43.
- [7] 贾丽冬. 汽油/LPG 双燃料发动机谐振进气系统研究[D]. 洛阳:河南科技大学车辆与电力工程学院,2005.

- [8] 刘 铮,张杨军. 内燃机一维非定常流动[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [9] 孙万臣. 谐振废气涡轮增压进气系统的研究[D]. 长春:吉林大学机械科学与工程学院,2007.
- [10] 马宗正,程 勇. 进气谐振器对汽油机进气性能影响的计算分析[J]. 山东大学学报:工学版,2011,41(1):162-166.
- [11] 胡景彦,苏 圣,洪 进. 某缸内直喷发动机进气歧管 CFD 模拟分析[J]. 液压气动与密封,2012(9):25-28.
- [12] 黄豪中. 利用谐振进气系统改善车用柴油机性能的研究[D]. 南宁:广西大学机械工程学院,2002.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式:

张朝山,熊树生,周 超. 进气谐振器容积对汽油机进气性能的影响研究[J]. 机电工程,2016,33(6):749-753.

ZHANG Chao-shan, XIONG Shu-sheng, ZHOU Chao. Research on effects of the volume of intake resonator on volumetric efficiency of the gasoline engine[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016,33(6):749-753.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 748 页)

从图 9 中可以看出在开始和最后的一段时间里,轮胎胎压在初始内压 250 kPa 的上下小幅度波动,但在中间的一段时间里,胎压出现较大幅度的波动,这主要是因为路面平整度较差的情况下,车辆上下振动,产生了较大的附加载荷作用在轮胎上,使得胎压有了明显地变化。

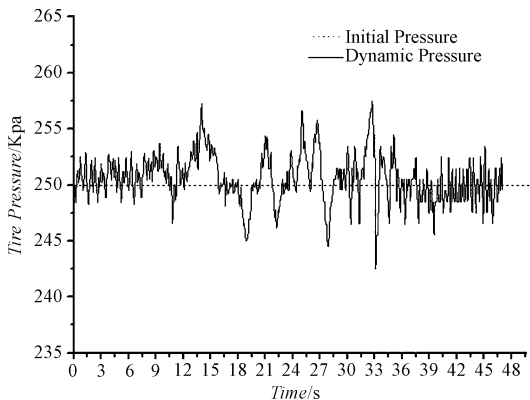


图 9 胎压瞬态变化曲线

6 结束语

本研究介绍了一套基于 MSP430F149 的胎压采集系统的设计,该胎压监测系统充分利用 MSP430F149 的片内资源和低功耗特性,成功实现了轮胎胎压的动态采集和保存。系统电路结构简单、功耗低,测量模式灵活,能够获取较为精确的胎压数据,可用于轮胎压变化规律等试验研究。后期选用功耗更低的压力传感器型或改进电路的设计,对压力传感器的供电状态做进一步控

制,可使胎压采集系统的使用时间得到一定地提高。

参考文献(References):

- [1] 王泽鹏,高峰,薛风先. 轮胎气压与主要影响因素的关系试验[J]. 农业机械学报,2007,38(3):206-208+205. 205-208.
- [2] 叶嘉俊,胡子正,孙 华. 轮胎气压异常时汽车状态特征的仿真分析[J]. 机械设计与制造,2006(3):57-58.
- [3] Jeffrey A. Clark, Macomb Township, MI(US). SENSOR[P]. United States Patent: US 20050033549A1, Feb. 10, 2005.
- [4] ZHANG H G, SONG F Z. Designing of tire pressure monitor system based on PIC processor[J]. Manufacturing Automation, 2010(5):63-64.
- [5] GE Yi-xian, YANG B, ZHANG J H, et al. Design of Low-power Intelligent Tire Monitoring System Based on MSP430 MCU [J]. Science Technology & Engineering, 2013, 13(16):4529-4533, 4540.
- [6] 赵 新,徐克宝. 基于 SP37 的汽车胎压监测系统研究与设计[J]. 电子测量技术,2015,38(10):87-90.
- [7] TEXAS INSTRUMENTS. MSP430x1xx Family User's Guide. slau049f[M]. Texas: Texas Instruments, 2006.
- [8] 曹 磊. MSP430 单片机 C 程序设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [9] 陈志勇,童宝宝,张同雪,等. 基于单片机 A189C51 的多功能绞肉机开发与实现[J]. 包装与食品机械,2014,32(1):38-41.
- [10] 郭晓玉,鲍 慧,迟文广,等. MSP430 低功耗运行模式原理及应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2005,5(12):63-66.

[编辑:周昱晨]