

基于 ANSYS 软件的 FSAE 赛车发动机进气系统设计

郑颖¹ 郑显锋² 弋驰¹

(1. 西安航空学院 西安 710077; 2. 航天六院测试计量研究所 西安 710000)

摘要: 主要对 FSAE 赛车发动机进气系统的结构进行分析, 从而在满足大赛规则的前提下设计出符合 FSAE 赛车高速、稳定性能要求的发动机进气系统, 即在赛车发动机进气系统中安装稳压腔。首先对本校车队大赛用车选定的发动机进气系统的结构参数进行设计, 再利用 CATIA 软件实现参数化建模, 建立两种进气系统的 3D 模型(安装稳压腔和不安装稳压腔结构), 并将其分别导入到 ANSYS 软件中进行流体分析。通过比较分析证明带稳压腔的进气系统在进气速度的均匀性与进气压力稳定性上较传统未安装稳压腔的结构均具有一定的优势。

关键词: FSAE 赛车; 发动机进气系统; 稳压腔

中图分类号: TN03 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 580.2010

Design of FSAE car engine intake system based on ANSYS software

Zheng Ying¹ Zheng Xianfeng² Yi Chi¹

(1. Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710165, China;

2. Measuring and Testing Institute Under Xi'an Aerospace Corporation, Xi'an 710100, China)

Abstract: This paper mainly analyzes the intake system of FSAE car engine, which can comply with the rules of the game designed and meet the requirements of high-speed and stability performance of FSAE, the plenum chamber is installed in the engine air intake system. First, design the structure of the engine air intake system on our school team competition car, using CATIA software to realize parameterized modeling, two air intake system of 3 d model (with and without plenum chamber), then imported into ANSYS software with fluid mechanics analysis. Through comparative analysis shows that the intake system with plenum chamber certain advantages in Velocity uniformity and pressure stability.

Keywords: FSAE car; engine intake system; plenum chamber

1 引言

发动机是汽车的心脏部件, 其结构的优劣对发动机的动力性、经济性、排放性等性能有着重要的影响, 对于速度要求极高的大学生方程式赛车(简称 FSAE)而言, 进气系统结构的重要程度更是不言而喻。由于 FSAE 赛车高速, 质量小的特点, 出于安全的考虑, 大学生方程式汽车大赛参赛赛车按其规则要求^[1], 必须在发动机进气系统的节气门和进气门之间安装直径为 20 mm 的进气限流阀^[2]。加装限流阀使进气系统的流通面积减小, 相当于增加了发动机进气时的阻力, 由于自然进气的发动机进气方式单一, 在增加进气阻力后, 如何通过优化进气系统的结构参数, 增加进气量, 从而提升动力性能显得十

分必要^[3-4]。另外, 赛车发动机一般为多缸结构, 多缸发动机进气时谐波增压会对相邻的气缸进气造成干扰, 产生负增压效应(俗称抢气)。考虑到以上两个方面, 提出增设一个缓冲区来减少抢气, 即增加一个稳压腔, 通过其自身结构储存一定量的空气来减缓抢气, 从而改善发动机进气系统的综合进气性能。国内外这方面虽已有研究, 但考虑道不同参赛队在选择发动机时, 存在的差异性, 因此, 针对本校车队大赛用车选定的铃木 GSX-R600 发动机进行研究。

2 采用稳压腔的赛车进气系统 CATIA 模型

2.1 结构选择

由于汽车的行驶方向总是逆着空气的流动方向, 所以

收稿日期: 2017-03

进气系统最前端的撞风量较大^[5-6],针对这一问题,赛车进气系统采用对称布置的进气管结构,这种布置形式有利于各缸的进气平衡,能更好的配合节气门,改善喷油器的喷油效果,并在一定程度上减少了回火等不良现象的发生;同时,这种形式的进气管与进气歧管上没有凹面,受力均匀,增加了稳压腔的刚度。

2.2 参数选择

1) 节气门口径

选择常见的机械式蝴蝶形节气门阀体,使用大尺寸节气门阀体时会出现一定程度上的油门迟缓现象。为保证足够的进气量和较快的油门响应,将节气门阀体口径定位40 mm。以减少进气截面面积,提高进气量。

2) 进气总管长度

设计的进气总管中将有一段起到限流阀的作用,所以总管的结构大体为文丘里管(进气管截面渐缩渐扩)。收缩的截面可迅速提高气流的速度,同时整合紊乱气流。进气管过长,影响高速时发动机的功率获得;进气管过短时,则使得发动机处于低速运转状况时性能较差,初步定位200 mm。

3) 进气歧管长度

进气歧管的长度对充气效率的影响非常显著。由于进气歧管中存在进气谐振效应,根据式(1)计算进气歧管的长度。

$$L = 30a / (nq) \quad (1)$$

式中: L 表示要计算的进气歧管的长度,mm; a 为声速,取 $a=340$ m/s; q 为波动系数,其值一般为1.5,2.5,3.5,考虑到本车所设计发动机的布置空间,取 $q=3.5$; n 为所用发动机的转速,取 $9\ 000$ r/min。经过计算,得出进气歧管的总长度为320 mm,减去发动机上为进气道部分预留的约70 mm,所得的进气歧管在发动机外部长度为250 mm,经初步证实改进进气管长度符合选用发动机的运行状况。

4) 稳压腔体积

赛车的稳压腔体积一般为2~8倍的发动机排量,对发动机外特性曲线进行仿真分析,得出当稳压腔体积在2~5倍发动机排量时,发动机动力曲线上升,而在6~8倍时出现下降。对于赛车选定的铃木GSX-R600发动机,其排量为排量为599 mL,参照2~5倍发动机排量,将稳压腔体积定为 3 L ^[7]。

另外,该款发动机的节气门体口径为45 mm,考虑到发动机进气歧管下端要与发动机上的原装节气门体进行装配,所以选定进气歧管下端直径为45 mm。经测量车架主环斜撑处给发动机进气系统预留的空间宽度为360 mm,所以稳压腔最宽处应小于360 mm。

通过以上分析最终确定的建模参数如表1所示。利用这些参数在CATIA^[8-9]软件中分别建立未安装稳压腔的进气系统的3D模型和安装稳压腔的进气系统的3D模型如图1和2所示。

表1 GSX-R600 发动机基本参数

气门类型	DOHC,16 气门
冷却形式	水冷
缸径/行程	50/57.5
压缩比	13.1 : 1
额定转速/(r · min ⁻¹)	1800
发动机电控单元	原机 ECU
燃油供给系统	进气道多点喷射
变速器	原机 6 档序列式
设计进气总管长度/mm	200
设计歧管总管长度/mm	320
节气门阀口长度/mm	40
发动机进气口宽度/mm	<360
稳压腔体积/L	3

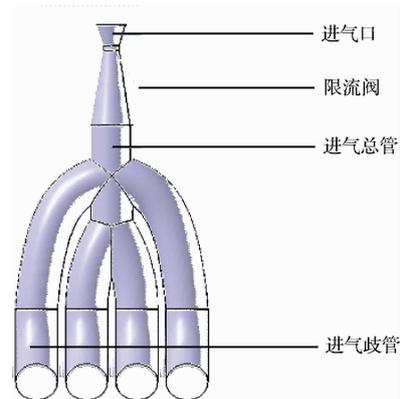


图1 未安装带稳压腔的进气系统的3D模型

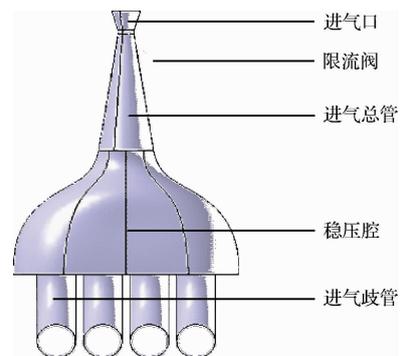


图2 安装稳压腔的进气系统的3D模型

3 对两种进气系统结构进行 ANSYS 分析比较

在稳定转速下,利用 ANSYS^[10-11] 软件对 CATIA 中建立的安装稳压腔和未安装稳压腔的两种结构分别进行 Fluent 流体分析,同时针对模型做如下假设^[12-15]:

1) 进气管内的气体在同一截面上的状态相同,符合理想气体状态方程;

2) 气缸内工质的状态均匀,即在任一时刻,气缸内浓度均匀,各点的压力、温度相等;

3)进气时,进入气缸的新鲜充量与气缸中的残余废气瞬间实现。

考虑到第1缸与第4缸、第2缸与第3缸在位置上的对称,进气情况相当这一方面的因素,所以分析时,只针对第1、2缸进行。

1)同一转速下进气流量分析

由于 ANSYS 软件在进行 Fluent 流体分析时会根据实际流量值的大小差异,差别分布图谱坐标系,所以在对效果图进行分析时,要结合左侧图谱的颜色和右侧图形颜色综合分析。通过对图 3~6 进行分析,进气时的流量分析图比较可得:在相同的转速下,安装稳压腔的进气系统在 1 缸和 2 缸进气行程时进气流量均稳定在 $-1.66 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$,进气流量比较稳定且各缸进气流量均匀。未安装稳压腔的进气在 1 缸行程末端时的进气流量为 $-2.14 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$,而在 2 缸时则变为 $-3.20 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$,而且此时 3 缸也存在进气涡流,浪费了进气能量。

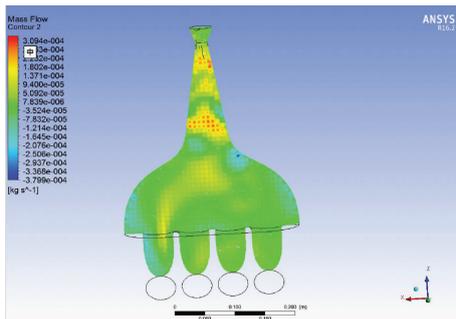


图3 安装稳压腔的进气系统1缸进气时的气体流量分析

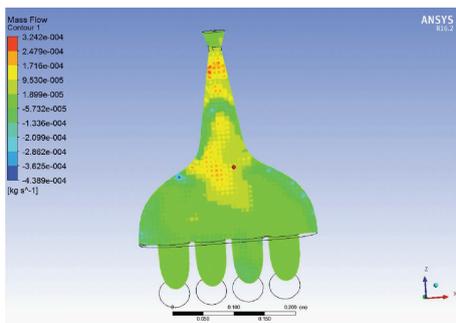


图4 安装稳压腔的进气系统2缸进气时的气体流量分析

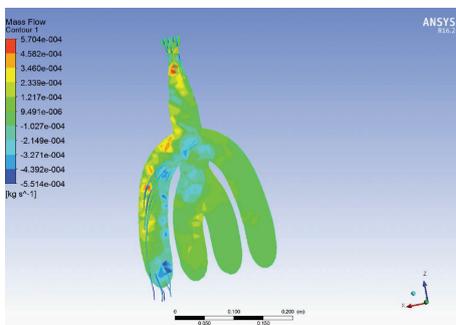


图5 未安装稳压腔的进气系统1缸进气时的流量分析

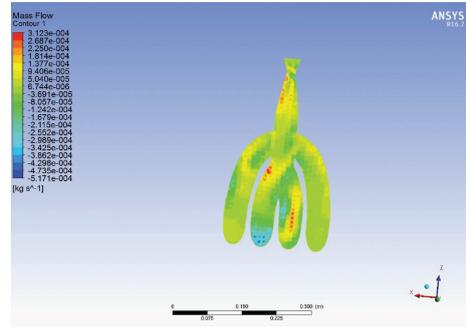


图6 未安装稳压腔的进气系统2缸进气时的流量分析

2)同一转速下进气压力分析

图7所示为安装稳压腔的进气系统1缸进气时的进气压力分析。

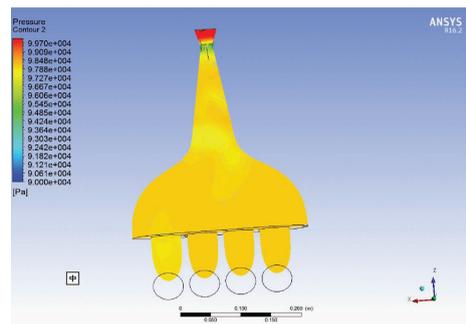


图7 安装稳压腔的进气系统1缸进气时的进气压力分析

图8所示为安装稳压腔的进气系统2缸进气时的进气压力分析。

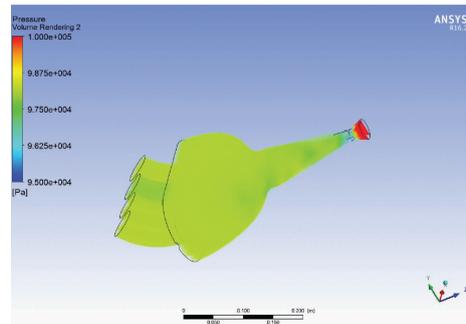


图8 安装稳压腔的进气系统2缸进气时的进气压力分析

图9所示为未安装稳压腔的进气系统1缸进气时的进气压力分析。图10所示为未安装稳压腔的进气系统2缸进气时的进气压力分析。

对图7~10分析可得安装稳压腔的进气系统在1缸和2缸进气时进气压力稳定在 $9.800 \times 10^4 \text{ Pa}$,进气压力比较稳定。未安装稳压腔的进气在1缸进气时为 $9.800 \times 10^4 \text{ Pa}$,而在2缸时则变为 $9.526 \times 10^4 \text{ Pa}$,进气压力出现明显偏差,且在进气阶段末端时,各缸进气压力均匀。

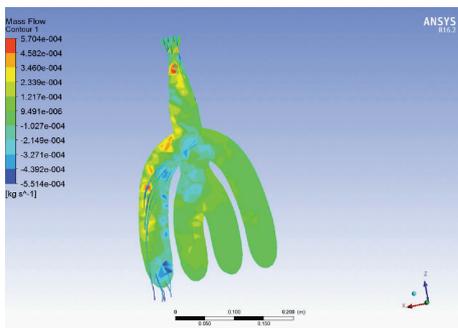


图9 未安装稳压腔的进气系统1缸进气时的进气压力分析

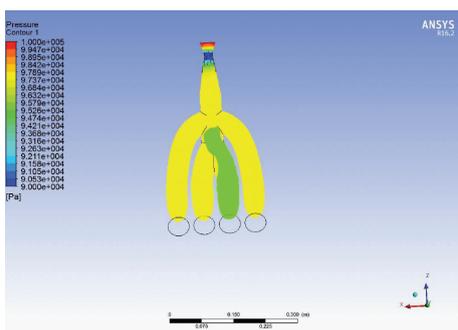


图10 未安装稳压腔的进气系统2缸进气时的进气压力分析

4 结论

通过 ANSYS 软件分析比较两种进气结构在发动机工况稳定后的进气流量、进气压力,得到未安装稳压腔的进气系统由于存在进气波动,使得相同转速下进气的流量以及进气的压力均不稳定,导致发动机动力不稳和油耗的持续增加;而安装稳压腔的结构很好的解决了这个问题,保证了各进气歧管处的进气压力相等,发动机各缸进气均匀,能充分发挥各缸的性能,并且对发动机的损伤较低。

参考文献

[1] 中国大学生方程式汽车大赛规则 2015 公示版[Z].
[2] 彭才望. FASE 赛车用发动机进气性能研究[D]. 广州:广东工业大学,2013.

[3] 倪晓菊. 大学生方程式赛车车架研究[D]. 南京:南京理工大学,2016.
[4] 李金三. 大学生方程式赛车总布置设计及优化[D]. 广州:华南理工大学,2011.
[5] 叶鹏. 基于 CATIA V5 的汽车制动零件库研究与开发[D]. 武汉:武汉理工大学,2011.
[6] 周桂生,陆文龙. CATIA 二次开发技术研究与应用[J]. 机械设计与制造,2010(1):81-83.
[7] 陈满堂,姜渭宇,刘伟光,等. 用于航空燃油流量测量的 V 锥流量计的研究[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(8):1167-1173
[8] 周胜明,曲建岭,高峰,等. 基于 HE-SVDD 的航空发动机工作状态识别[J]. 仪器仪表学报 2016,37(2):308-315.
[9] 张欣欣,文健康,冯策,等. FSAE 赛车发动机进气系统优化设计[J]. 农业装备与车辆工程,2013,51(9):20-24.
[10] 蒙绍夫,杨颀林. 基于 ANSYS 的 FSAE 电车车架有限元分析[J]. 汽车使用技术,2017(2):46-48.
[11] 郑英杰. FSAE 赛车进气系统 CAE 仿真及优化设计[D]. 西安:长安大学,2014.
[12] 许俊. 基于进气限流下的赛车发动机进气系统优化设计与仿真研究[D]. 成都:西华大学,2012
[13] 王永宽,钱立军,牛礼民. 插电式混合动力汽车双模糊控制策略及其优化[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(2):209-217.
[14] 周雅夫,连静,李启迪. ISG 混合动力电动汽车控制策略研究[J]. 仪器仪表学报,2009,30(6):1164-1168.
[15] 谭正平,黄海波,王永忠. FSAE 赛车发动机进气系统结构参数优化[J]. 西华大学学报:自然科学版,2017,36(1):82-87.

作者简介

郑颖,1984 年出生,工学硕士,讲师,主要研究方向为汽车安全、发动机技术。
E-mail:zhengying19841986@163.com