

增压发动机进气歧管的优化设计

The optimum design of intake manifold for turbocharged engine

蔡金雷 宋文浩

(沈阳华晨金杯汽车有限公司)

摘要：本文应用 GT-Power 软件建立增压发动机的一维分析模型。针对进气歧管的主要设计参数进行优化分析，并研究进气歧管稳压腔容积与支管长度对增压发动机的影响规律。为进气歧管的更改设计提供依据，保证了进气歧管更改后发动机的动力性能与经济性能。

关键词：GT-Power 增压发动机 进气歧管 优化分析

Abstract: In this paper, the GT-Power model is built for the turbocharged engine. Optimum analysis is done for the main parameters of the intake manifold. And the influence of the volume of regulator cavity and the length of the runner on the turbocharged engine is researched and the best result is recommended for the modification of the intake manifold. The dynamic and economic performance is maintained with the new design.

Keywords: GT-Power Turbocharged engine Intake manifold Optimum analysis

1 前言

增压发动机通过提高进气压力来提高充气效率，从而达到提高发动机升功率的目标。发动机的进气歧管是发动机进气系统中的重要部件，其结构形式以及其主要参数将直接决定着发动机的充气效率，同时还会影响到各缸的均匀性，从而影响整机的动力性能与经济性能。

对于自然吸气发动机而言，进气歧管的稳压腔容积以及进气支管的长度是影响发动机性能的最主要参数。对于增压发动机而言，由于进气压力的不同，稳压腔容积及进气支管长度等参数对发动机的性能也将产生不同程度的影响。

本文利用发动机性能分析软件 GT-Power 建立某款增压汽油机的整机模型，并利用实验数据对模型进行标定。分析进气歧管稳压腔容积以及进气支管长度对发动机性能的影响，为该款发动机进气歧管的更改设计提供依据，保证更改后的发动机性能。

2 增压汽油机的整机 Power 模型

本文所研究的对象为一台 4 缸、1.8 升增压汽油机，根据发动机的结构参数建立发动机基本模型，输入进排气门的升程参数、实验测得的进排气道流量系数及摩擦功等参数，整机 GT-Power 模型如图

1 所示。

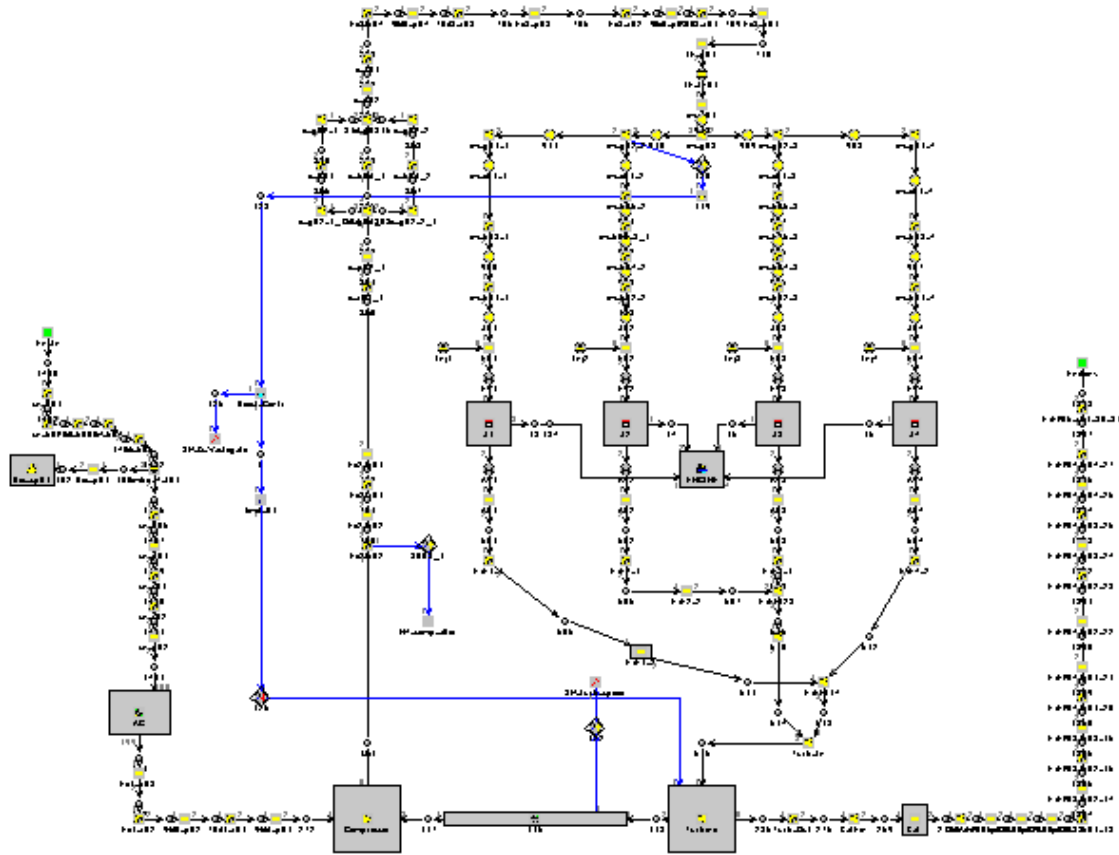


图 1 发动机的 GT-Power 模型

整机模型建立后，应用实验数据对模型进行标定。发动机的进气量及扭矩的计算结果与实验结果的对比如图 2、3 所示。结果表明，计算与实验的误差在 5% 以内，分析模型具有较高的精度。

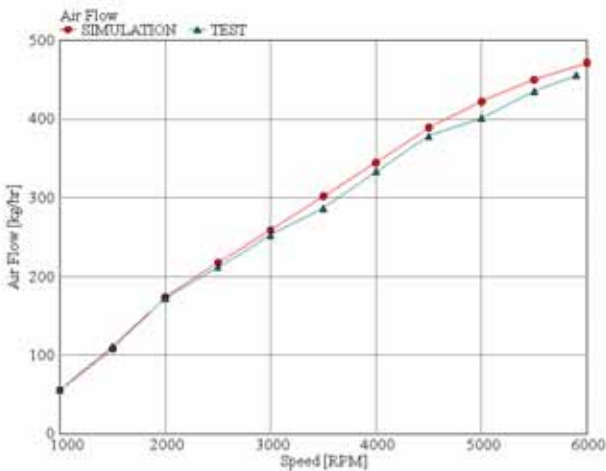


图 2 空气流量的计算结果与实验结果对比

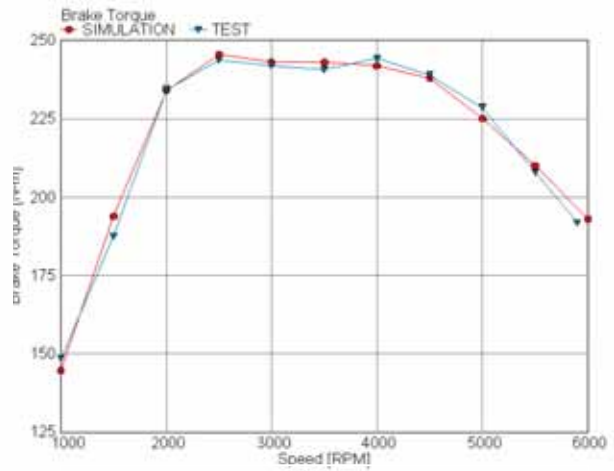


图 3 扭矩的计算结果与实验结果对比

3 进气歧管的设计优化

3.1 歧管的更改方案

根据发动机的布置情况，需要更改原机的进气歧管。原机的进气歧管结构示意图如图 4 所示。

更改后的进气歧管，其进口位置由原来的稳压腔的中间位置更改至稳压腔的一端，结构形式如图 5 所示。

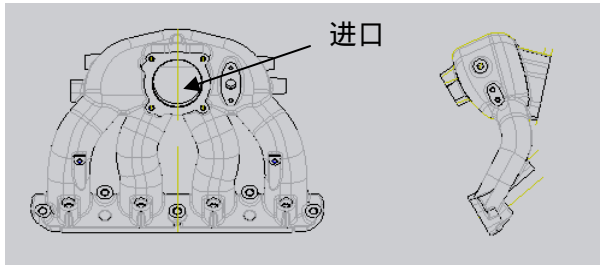


图 4 原机进气歧管结构示意图

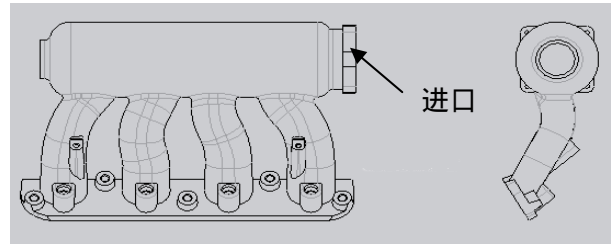


图 5 更改后的进气歧管结构示意图

3.2 歧管的优化计算

对于进气歧管的更改，由于结构形式的改变，除各支管的管径采用与原方案相同的参数外，需要对稳压腔的容积及各支管的长度进行优化分析，以期达到最佳的更改效果。

建立更改后的进气歧管模型，替换整机模型中的进气歧管部分，利用 GT-Power 中的 DOE 模块进行优化计算。分别用 L 与 V 代表原机进气歧管的支管长度和稳压腔容积，根据歧管的布置空间，针对稳压腔容积与支管长度在一定范围内进行优化，优化计算的具体参数如表 1 所示。分别在 10000、2000、3000、4000、5000rpm 等发动机转速下进行计算。

表 1 优化参数

参数	最小值	最大值	层数
稳压腔容积 (L)	V-0.4	V+0.4	5
支管长度 (mm)	L-40	L+40	5

3.3 不同的参数对发动机动力性能的影响

图 6 至图 10 分别给出了不同转速下的计算结果。从图中可以看出，在低转速时，随着长度的减小，发动机的扭矩增加，同时也可以看出，较小的稳压腔容积能够获得较大的扭矩输出。随着转速的增加，支管的长度对扭矩的影响更加明显。当发动机转速为 2000rpm 时，扭矩的输出主要受到稳压腔容积的影响，而且在同样的支管长度下，随着容积的减小，发动机的输出扭矩增加。在高转速时，长度越长，发动机的输出扭矩越大，同时较大的稳压腔容积能够获得较大的扭矩输出。在此参数范围内，发动机的扭矩最大存在 3% 的差异。

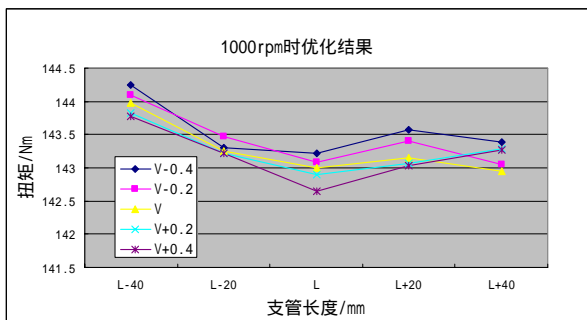


图 6 1000rpm 时的计算结果

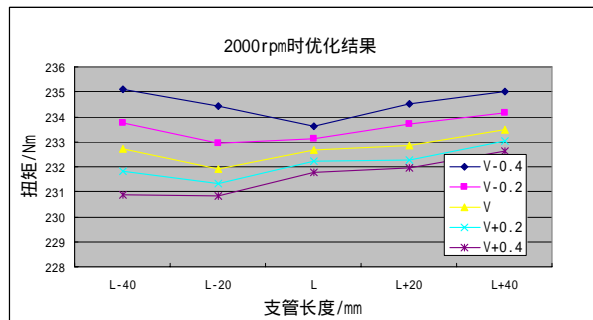


图 7 2000rpm 时的计算结果

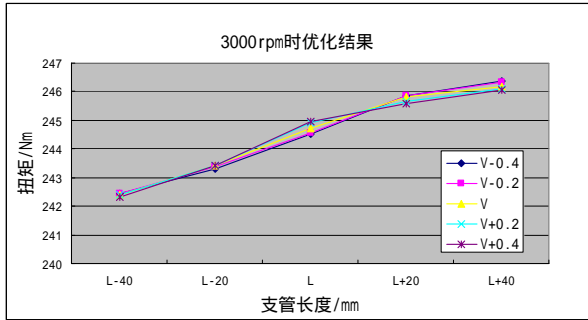


图 8 3000rpm 时的计算结果

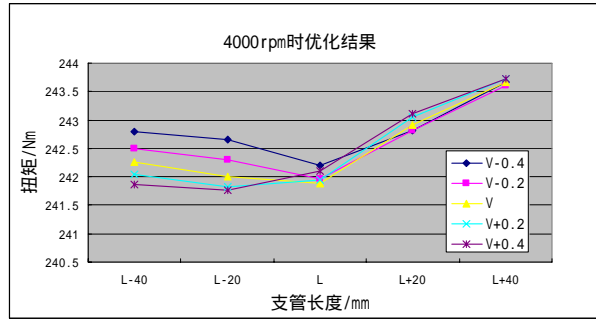


图 9 4000rpm 时的计算结果

对于自然吸气发动机而言,在低转速时采用较长的进气歧管,有利于利用进气脉冲,提高发动机的扭矩输出;在高速时,采用较短的歧管以提高响应速度,同时进气阻力减小,可以获得较大的扭矩。而对于增压发动机而言,计算结果表明,进气支管的长度对输出扭矩的影响规律则与之不同。这是因为增压发动机的进气压力高于自然吸气发动机,特别是在高速的情况下。在低转

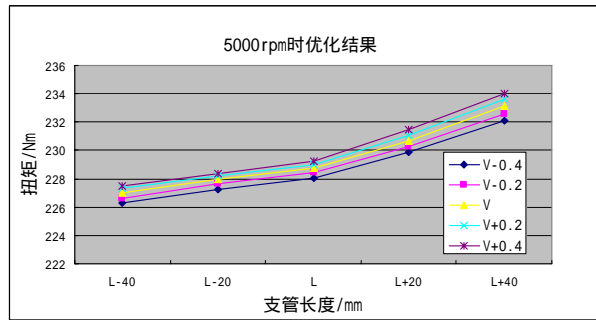


图 10 5000rpm 时的计算结果

速情况下,充气效率已经不是主要依赖于进气支管中的进气脉动,而是主要决于进气压力,同时支管较短,进气损失较小,所以此时采用较短的支管,输出扭矩较大;随着转速的增加,进气压力也相应增加,较大的进气压力能够满足较大的进气量需求,随着支管长度的增加,稳压腔容积的增大,整个歧管的容积相应增大,较大的进气容积能够维持进气压力的稳定,所以,在高速时,支管长度和稳压腔容积在一定范围内增加,将有益于发动机输出较大的扭矩。

3.4 不同的参数对发动机经济性的影响

图 11 至 15 给出了不同转速下,不同的设计参数对发动机经济性的影响。从图中可以看出,进气支管长度与稳压腔容积对经济性的影响幅度不大,长度的影响相对明显。随着长度的增加,油耗也随之增加,随着转速的增加,影响越趋明显。这是因为随着长度的增加,进气系统的损失将会增加,这必将直接影响发动机的经济性。

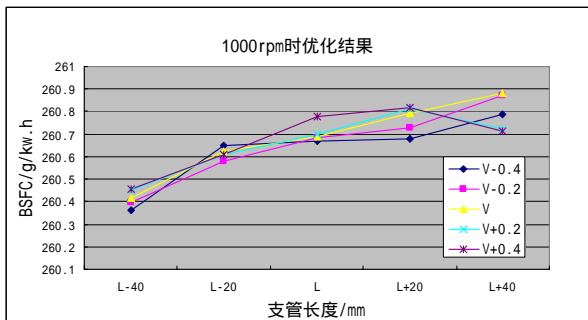


图 11 1000rpm 时的计算结果对比

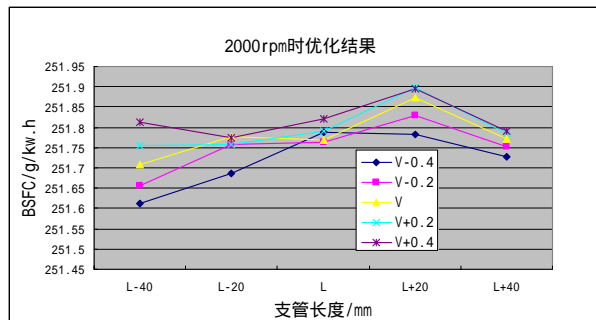


图 12 2000rpm 时的计算结果对比

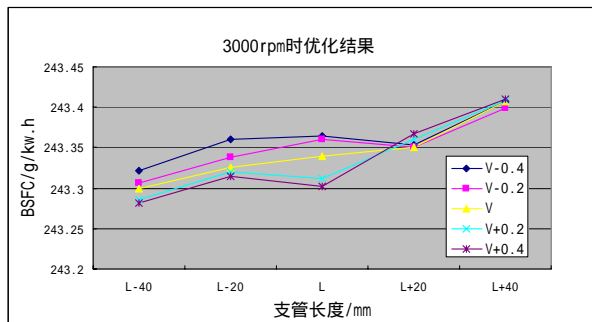


图 13 3000rpm 时的计算结果对比

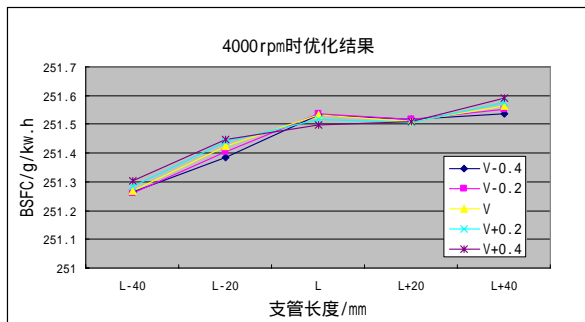


图 14 4000rpm 时的计算结果对比

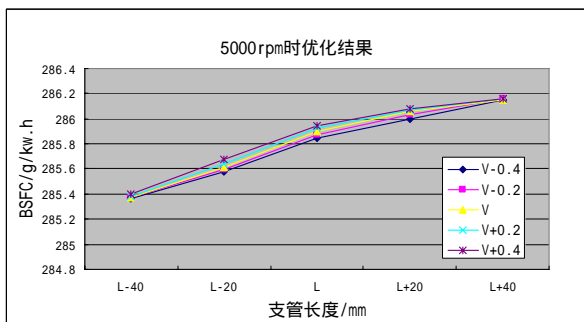


图 15 5000rpm 时的计算结果对比

3.5 推荐的设计方案

根据上述优化结果，结合发动机的动力性能与经济性能，同时考虑发动机进气歧管的总体布置，选择支管长度为 L-40 与稳压腔容积为 V-0.4 的参数组合。新方案的动力性能及经济性能与原机的计算结果对比如图 16、17 所示。

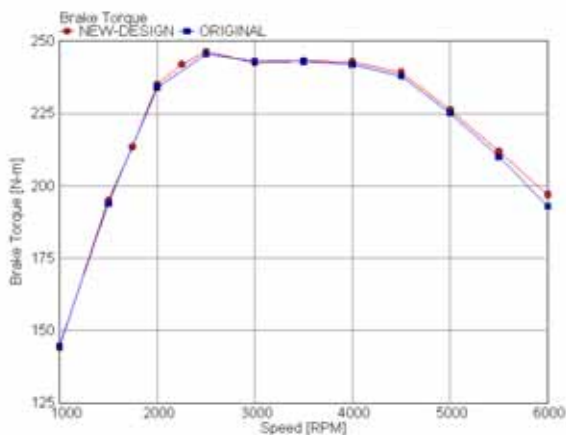


图 16 歧管更改前后的扭矩对比

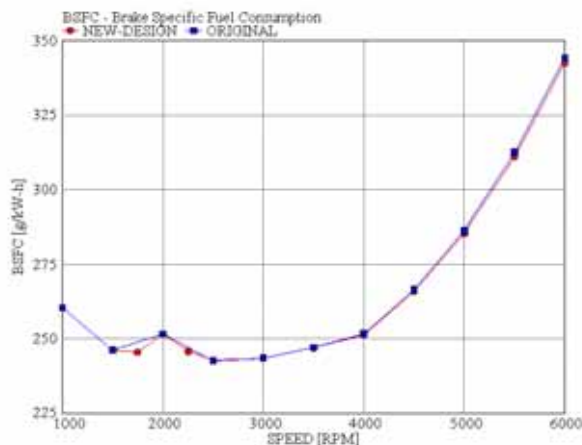


图 17 歧管更改前后的油耗对比

从图 16 中可以看出，采用新方案的发动机计算模型，其输出扭矩略高于原设计，在高转速的情况下更为明显，最大扭矩提高约为 2%。

从图 17 中可以看出，新进气歧管方案的比油耗略低于原机水平，最大降幅约为 0.5%。这是因为更改后的发动机动力性能有所增加，而在同样的转速下，发动机的空燃比与摩擦功基本保持不变，致使燃油消耗降低。

图 18、19 给出了新方案的各缸充气效率的对比情况。从图中可以看出，更改前后的各缸充气效率的变化规律及其大小基本吻合。计算表明，在高速工况下，更改后各缸充气效率的不均匀性略有改善。

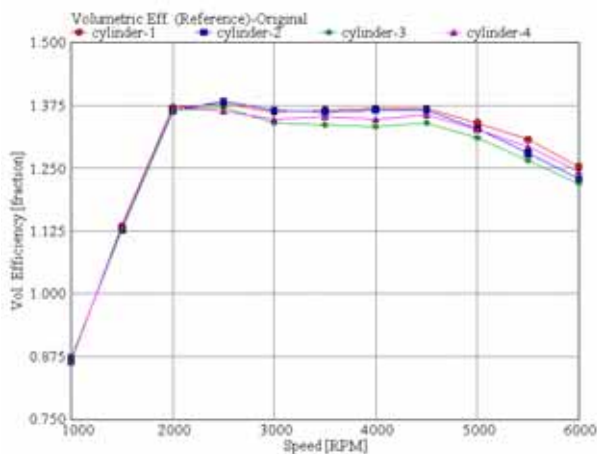


图 18 原机各缸的充气效率

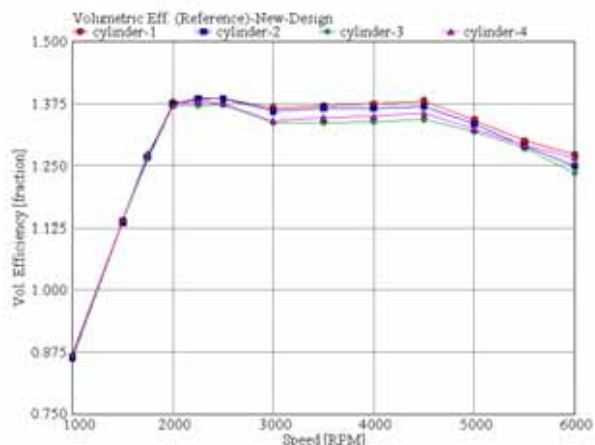


图 19 更改设计后各缸的充气效率

4 结论

1) 根据发动机的结构参数与实验数据，建立了增压发动机的 GT-Power 模型，模型具有较高的分析精度。

2) 对新方案的进气歧管进行优化分析，进气支管的长度与稳压腔容积在一定的范围内对发动机动力性能的影响规律与自然吸气发动机存在差异。采用较短的进气支管和较小容积的稳压腔有利于获得较大的扭矩输出，同时此时的经济性能也相对较优。

3) 采用推荐使用的支管长度 L-40 和稳压腔容积 V-0.4 的组合设计。计算表明，发动机将有较大的扭矩输出和较低的燃油耗。保证了更改设计后的发动机性能的同时，动力性能和经济性能，以及各缸充气效率的均匀性得到了改善。

5 参考文献

- [1] 周龙宝.《内燃机学》.机械工业出版社, 2003 年 4 月.
- [2] 詹樟松 张小燕. 应用 GT-Power 设计发动机的可变长度进气歧管. 2006 年 CDAJ 中国用户论文集.