

V6 型汽油机简易停缸模拟计算

张小红, 夏明智, 武涛

上海汽车集团股份有限公司乘用车公司技术中心, 上海市 201804

E-mail: zhangxiaohong@saicmotor.com

xiamingzhi@saicmotor.com

摘要: 本文采用发动机性能分析软件 GT-POWER 对某 V6 型汽油机进行建模同时实现其停缸功能, 根据简易停缸方案设计, 对相关管路进行模拟计算, 同时结合 star-ccm+对所设计管路进行 cfd 分析, 为简易停缸的实现提供有效策略。

关键词: GT-POWER, 简易停缸, STAR-CCM+

引言(INTRODUCTION)

停缸是指在发动机部分负荷时通过相关机构、策略切断部分气缸的供油和/或进排气, 降低泵气损失, 从而使工作缸运行在效率较高的高负荷区域, 达到节油的目的。

通常, 实现停缸的策略有三种, ①仅停止部分气缸供油。②断油的同时引入工作缸的排气到不工作汽缸内(本文简称简易停缸)。③断油同时停止断油气缸的气门运动。第一种方法容易实现, 但存在进排气门的节流损失, 热负荷不均匀等明显劣势。第三种方法较为理想, 但是停阀机构的设计较为复杂同时对电控要求较高。本文将对第二种方法简易停缸方案的布置进行模拟计算。

1 发动机建模(MODELING)

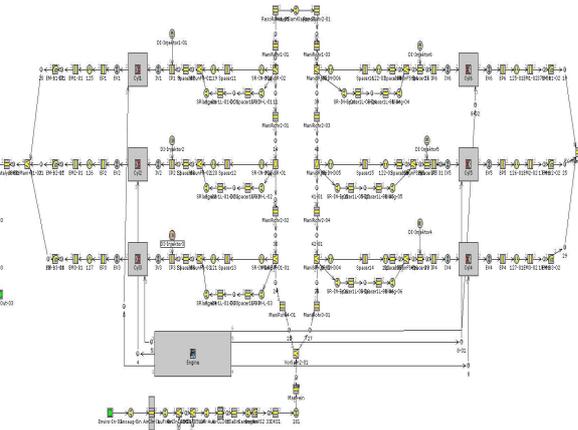


图 1 原机模型

简易停缸的布置原理见图 2。在设定工况下, 将喷油器的喷油量设置为零来停止 3 缸供油, 并通过单独的管路控制阀, 阻断不工作缸(图上部)进入新鲜空气, 同时将工作缸(图下部)的排气引入其中, 保持不工作缸的温度维持在一定水平, 避免

不工作缸出现非正常的摩擦损失和机械不平衡。

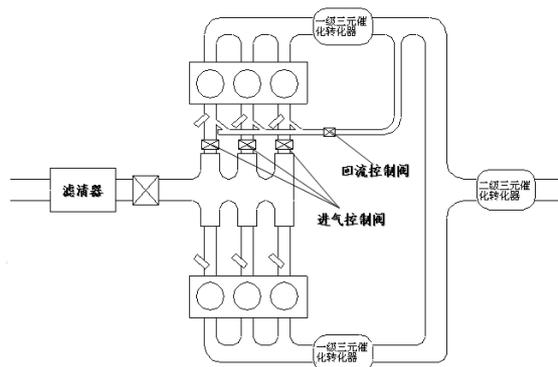


图 2 简易停缸布置

根据原机及方案布置, 发动机简易停缸模型在 GT 中的实现如图 3 所示。

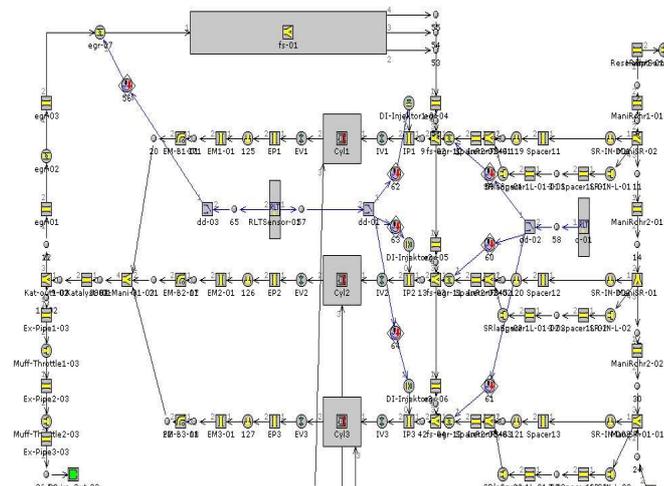


图 3 停缸 GT 模型

在发动机运转稳定之后, 通过 switch 模块进行切换, 停止供油、阻断进气歧管方向进气, 对停缸侧形成以燃烧废气为主的单独气流回路。

2 计算结果及分析(RESULTS AND ANALYSIS)

本计算所用的 V6 发动机基本参数见表 1。

表 1 某 V6 发动机基本参数

参数	数值
缸径×行程, mm×mm	80.0×82.8
标定功率, kW	135
标定转速, r/min	6500
最大扭矩, N.m/(r/min)	238/4000
排量, L	2.497
压缩比	10.25

对于管路的布置计算主要分为三部分: 回流管径、回流管接入位置、回流管长。计算以 2000rpm, 2bar 作为设计点。

假设回流管接入位置在该段排气管中间, 管长 1m。对于回流管径, 选取 5~60mm, 每 5mm 间隔为一步进行计算。

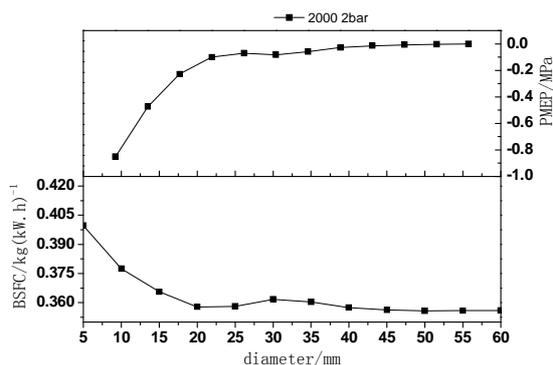


图 4 管径对 BSFC\PMEP 的影响

从图 4 可以看到, 管径 ≤ 20 mm 时, 油耗率的变化比较明显, 在此范围内选择回流管径, 对发动机经济性影响较大。在管径 ≥ 40 mm 时, 管径的变化对经济性的影响则不再明显。查看此时的停缸列泵气损失。同经济性有同样的规律。因此在选择管径时, 结合空间布置问题, 管径选择在 40mm 左右较为合理。

回流管径取 40mm, 管长仍为 1m。回流管接入所在排气管管长约为 180mm, 在此管上均匀取三个点作为连接处进行计算。

计算结果显示, 位置的变动对发动机性能的影响并不大。对回流管气体温度影响较为明显一些, 见图 5。位置越靠近后端, 回流管内气体温度越高,

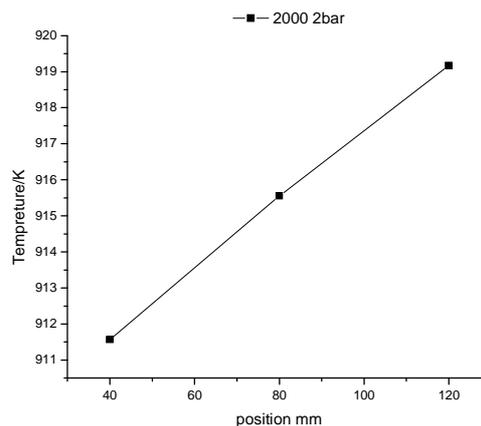


图 5 连接位置对回流排温的影响

此时回流管径取 40mm, 接入位置据前端催化器 120mm。管路回流的长度, 根据空间布置, 约为 1m 左右, 这里取 1m、1.2m、1.4m 进行计算。

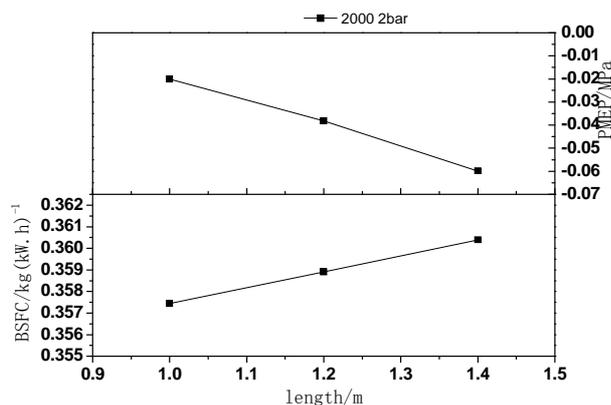


图 6 管长对 BSFC\PMEP 的影响

从发动机的经济性和停缸列泵气损失来看(见图 6), 管长选择短些为宜。这样可以尽量减少气体流过管路所引起的摩擦损失、换热损失, 从而不过多的影响发动机的性能表现。

基于上述计算确定简易停缸布置, 对比停缸与原机 P-V 图(图 7), 可以看到, 停缸的压力线所围面积即指示功大于原机, 即平均指示压力 IMEP 较高, 表明在相同转速下停缸有利于提高发动机的机械效率。泵气损失(PMEP)也显著减少, 主要由于 3 缸停止工作后, 为了保证发动机相同的功率输出, 节气门开度增大, 所以泵气损失降低。

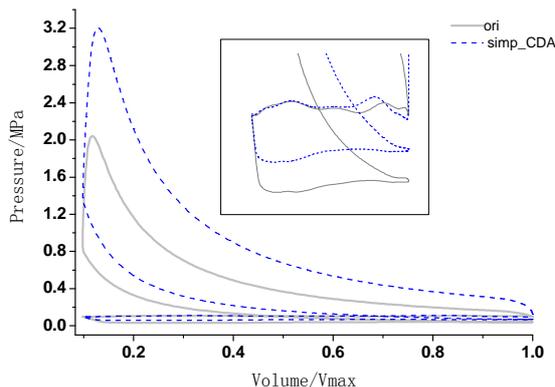


图7 原机与简易停缸 P-V 图

此时发动机扭矩输出波动见图8，停缸后，发动机输出扭矩波动的频率减小，波幅增加，显示发动机振动加剧，因此对发动机的停缸后的振动需要重点考虑。

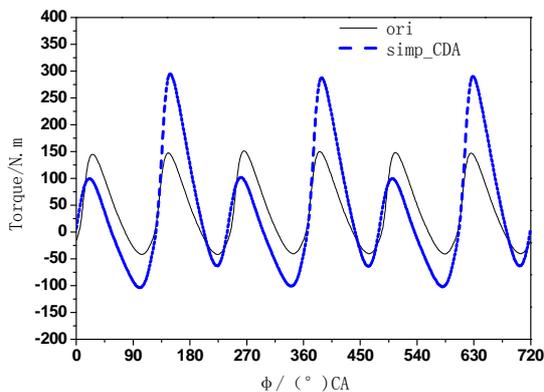


图8 原机与简易停缸扭矩波动

结合计算结果，对于简易停缸在发动机体上实际布置如图9所示：

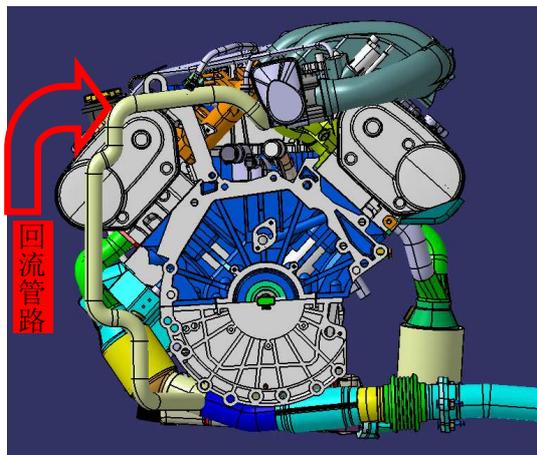


图9 管路布置图1

从1D计算结果中，可以知道引入燃烧废气的温度较高，至各支管处时气体温度为750K，也已

经超过喷油器耐高温范围，因此考虑引入新鲜空气，以降低回流气体温度，保护喷油器，具体布置如图10：

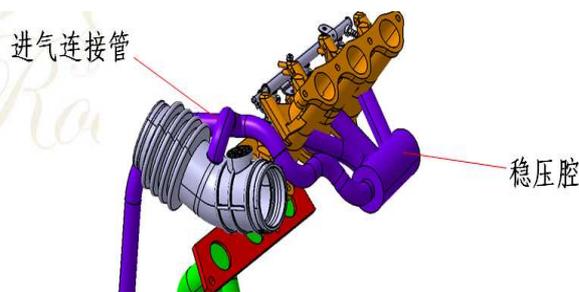


图10 管路布置图2

为进一步考察所布置管路，流动特性，各引入支管的均匀性及混合后的空气温度，对管路进行相应的 CFD 流动计算。



图11 管路网格划分

在 STAR-CCM+ 中，将所建管路进行网格划分（图11），边界条件采用 gt-power 发动机性能 2000rpm 2bar 点计算结果，排气入口给质量流量边界 0.011kg/s，气体温度 910K，新鲜空气入口即进气连接管初设边界为质量流量 0.12kg/s，其它支管为静压出口边界，其余为壁面边界条件，

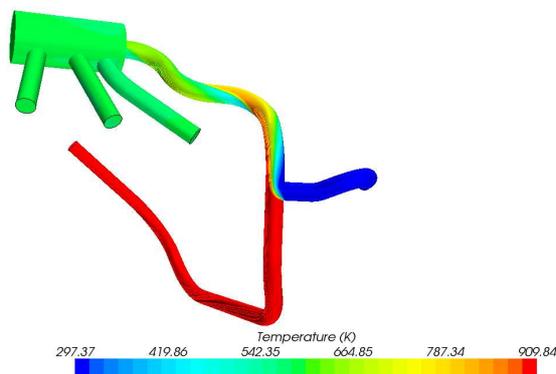


图12 管路温度分布

从图12可以看到，混合后气体温度为600K左右，因此新鲜空气的引入，可以有效的降低进入

支管的空气温度,虽然仍然未达到保护喷油器的温度,可以在后续计算中通过增加新鲜空气或对排气进行限流,从而进一步降低混合温度,使喷油器不处于高温环境。

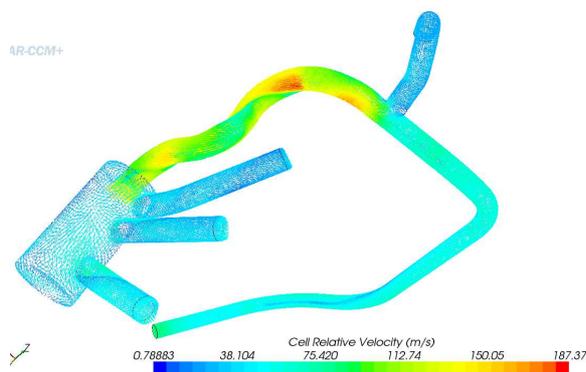


图 13 管路速度分布图 1

考察个管路的流速均匀性如图 13 所示,虽然由于新鲜空气的引入,速度在管路拐弯处有增大的趋势,但是稳压腔的设置有效抵消了这种影响,各支管流速较为均匀。新鲜空气与废气连接处速度分布未发生回流现象,也不存在涡流。

3 结论(CONCLUSIONS)

采用发动机性能分析软件 GT-POWER 实现对某 V6 汽油机简易停缸策略,并通过计算对简易停缸策略下管路的管路参数进行确定。

简易停缸与原机相比,在发动机转速为 2000r/min,平均有效压力为 2bar 工况点,简易停缸工作缸的 IMEP 高于原机,泵气损失大大减小,有利于提高发动机燃油经济性。同时由于停缸,会导致发动机扭矩波动变大,振动加剧。

采用 star-ccm+软件,对所建立管路进行流动计算,所布置管路在流动性及分配均匀性上不存在问题,同时提供了降低混合气温度的有效策略。

参考文献(REFERENCES)

- [1] Toyoak Fukui, Tatsuro Nakagami, Hiroyasu Endo, et al. Mitsubishi Orion - MD - A New Variable Displacement Engine.SAE 831007,1983.
- [2] T.G.Leone, M.Pozar. Fuel Economy Benefit of Cylinder Deactivation-Sensitivity to Vehicle Application and

Operating Constraints,.SAE paper 2001-01-3591,2001.

- [3] Gilbert Peters .Cylinder deactivation on 4 cylinder engines: A torsional vibration analysis. DCT 2007-11,2007.
- [4] Jason Conley, Samuel Taylor. Technological Evaluation of Fuel Efficiency Improvement Concepts to Meet Future Regulatory Requirements in the North American Market,.SAE paper 2002-01-2809,2002
- [5] Federenko Y, Korzhov M, Fillippov A, Atamanenko N. Method and system for power control of internal combustion engines using individual cycle cut – off. SAE 960462,1996.
- [6] 罗远荣,祖振凯,姜博渊.车用汽油停缸节油剖析. Vol. 3北京汽车, 1984.
- [7] Alan Falkowski, Mark McElwee, Mike Bonne. Design and Development of the DaimlerChrysler 5.7L HEMI Engine Multi-Displacement Cylinder Deactivation System. SAE paper 2004-01-2106.2004.
- [8] 周龙保.内燃机学.机械工业出版社.北京, 1999.