

停缸技术降整车油耗评估

王春龙 马为 刘斌

(重庆长安汽车股份有限公司动力研究院, 重庆 401120)

摘要: 为了深入了解停缸技术对整车油耗的影响, 本文采用一维仿真软件 GT-POWER 对长安某缸内直喷增压发动机进行仿真分析, 研究停缸技术对缸内直喷增压汽油机燃油经济性的影响, 然后计算整车工况循环油耗, 研究结果表明: 在不同的负荷区域最优的节油效果和停止工作的汽缸的数量有关; 发动机的节油效果随着负荷的增大而降低, 发动机最大节油 23%; 搭载该发动机的某款车型工况油耗降低 3%, 等速油耗降低 7%-15%。采用停缸技术能够降低中低负荷的泵气损失, 随着负荷的降低, 泵气损失降幅越大, 因此随着负荷的降低, 节油效果越明显。

关键词: 停缸 增压直喷汽油机 燃油经济性 等速油耗

随着国家第五阶段油耗法规的出台, 各大主机厂已经开始部署改善整车燃油消耗相关的工作。当前主流的 OEM 已经在推出新能源方案, 例如灵活燃料、混合动力以及电动车等新技术, 但是 EIA 的数据预测显示, 到 2040 年点燃式内燃机仍然占有 90% 的轻型车市场^[1]。这就需要各大主机厂提高汽油机的热效率, 在内燃机产品市场中具有竞争力。

停缸技术成为提高汽油机热效率的重要技术方案。关于停缸技术的研究, 国外 OEM 和机构已做了相关的研究^[2-5]。停缸技术通过在不同的工作区域停掉若干汽缸的工作以达到降低发动机的泵气损失的效果进而提升汽油机的热效率。

为了深入了解停缸技术对整车节油效果的影响, 本研究将通过一维仿真软件对长安某款缸内直喷增压汽油机开展分析, 并对整车油耗做出评估。

1 研究对象

1.1 发动机技术参数

本研究对象为某缸内直喷涡轮增压汽油发动机, 具体技术参数如表 1 所示。

表 1 发动机参数

技术参数	指标
发动机型式	直列四缸风冷涡轮增压
缸径/行程	1
着火方式	点燃
进气持续期	200° CA
压缩比	9.75
VVT	DVVT

1.2 模型标定

在 GT-POWER 中搭建该模型, 如图 1 所示。基于试验数据, 对 GT-Power 一维仿真模型进行标定, 标定内容包括进排气管路的压力, 温度, 气体流量, 容积效率, 缸压, BSFC, 扭矩、功率等, 以 BSFC 标定结果为例,

如图 2 所示, 模型计算结果满足 3% 的误差标准, 可以进行仿真模拟计算。

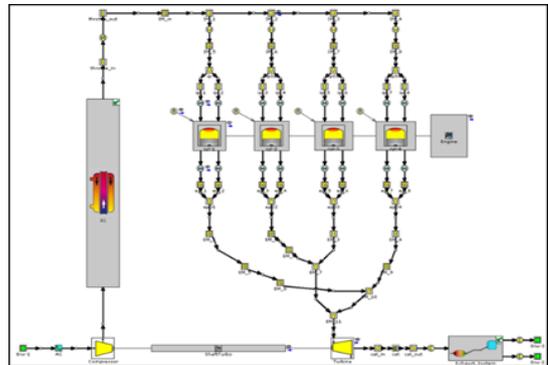


图 1 GT-Power 计算模型

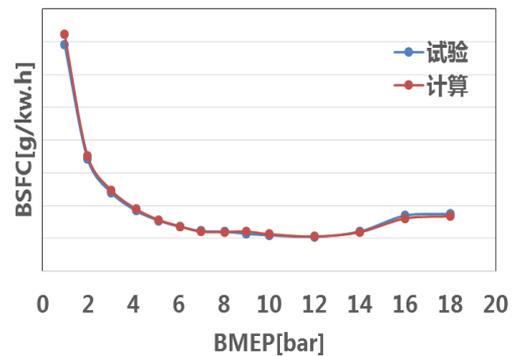


图 2 2000rpm 不同负荷比油耗计算和试验对比结果

1.3 研究方案

1.3.1 工况选择

选择 1000 r/min - 2800r/min, Torque=10-60Nm 区域内的工况作为本次计算的工况。

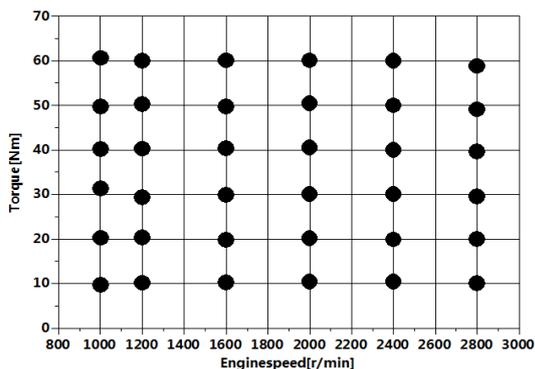


图3 停缸计算的工况点

1.3.2 停缸数量设置

本次计算每一个计算的工况点分别进行停 1 个缸、停 2 个缸、停 3 个缸的计算，以便找出每一个工况点的最优停缸数量。

1.3.3 计算边界设置

本此停缸计算，在相同的工况下，停缸前后仍处于工作状态的汽缸燃烧相位、燃烧持续期、进排气 VVT、Lambda 由于进气量的差异会存在比较大的不同，因此将上述参数设置成转速和进气流量的关系式。

停缸时，停止工作的汽缸由于缸内压力降低，故发动机曲柄连杆机构及活塞与汽缸间的摩擦应该会略有降低，但是仍在工作的汽缸由于缸内压力升高，导致发动机曲柄连杆机构及活塞与汽缸间的摩擦应该会略有上升。因此无法评估摩擦是否降低，故本计算中不对摩擦进行调整。

本次计算通过进排气阀不工作、不喷油来实现停缸。通过 1D 仿真软件进行换气过程及性能模拟计算，以分析影响性能变化的本质因素。

2 结果与分析

2.1 部分负荷油耗分析

图 3 为在不同停缸数量最优的工作区域以及节油效果。从仿真结果得知，负荷越低，停缸的数量越多节油效果越好，在计算区域内节油效果在 2%-23%之间。

表 4 为 2000r/min, Torque=10Nm、30Nm、60 Nm 基础机和不同停缸数的泵气损失对比，由计算结果可知：在 2000r/min, Torque=10Nm, 停 3 缸的泵气损失最低；在 2000r/min, Torque=30Nm, 停 2 缸的泵气损失最低，停 3 缸负荷达不到；在 2000r/min, Torque=60Nm, 停单缸的泵气损失最低，停 2 缸和停 3 缸负荷均达不到。

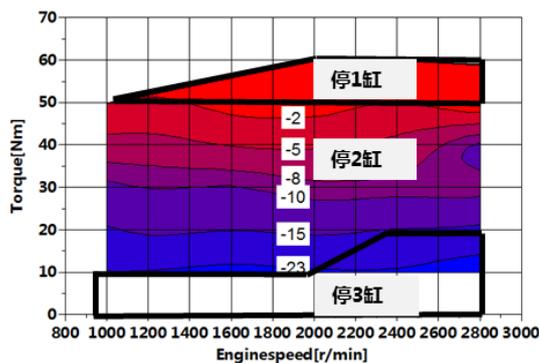


图4 不同停缸数量的工作区域以及节油潜力

表2 基础机和不同停缸数方案在 2000r/min, Torque=10Nm、30Nm、60Nm 泵气损失对比

工况	基础机	停 1 缸	停 2 缸	停 3 缸
2000r/min, Torque=10Nm	-0.64	-0.46	-0.3	-0.12
2000r/min, Torque=30Nm	-0.56	-0.42	-0.27	/
2000r/min, Torque=60Nm	-0.52	-0.36	/	/

2.2 整车油耗评估

表 3 和表 4 是采用停缸技术后整车节油效果和各档位等速工况节油效果。从计算结果可知，采用停缸技术整车 NEDC 循环可节油 3%，各档位等速工况油耗明显降低，尤其是常用的 1 档 20km/h 油耗降低 7%，这会显著降低用户实际使用油耗。

图 5 为搭载该发动机的整车权重油耗点在节油区域内的分布，可以看出在节油区域内的权重油耗占比为 32%。

表3 采用停缸技术整车节油效果

方案	NEDC 循环工况油耗
基础机	-
停缸	↓ 3%

表4 停缸前后各工况等速油耗对比

工况	基础机油耗	停缸油耗	降幅
1 档 20km/h	12.24	11.33	-7%
2 档 20km/h	8.34	7.12	-15%
2 档 30km/h	8.08	7.03	-13%
3 档 30km/h	6.27	5.4	-14%
3 档 40km/h	6.05	5.22	-14%
3 档 50km/h	6.4	5.75	-10%

4 档 40km/h	5.59	4.94	-12%
4 档 50km/h	5.46	4.94	-10%
4 档 60km/h	5.94	5.41	-9%

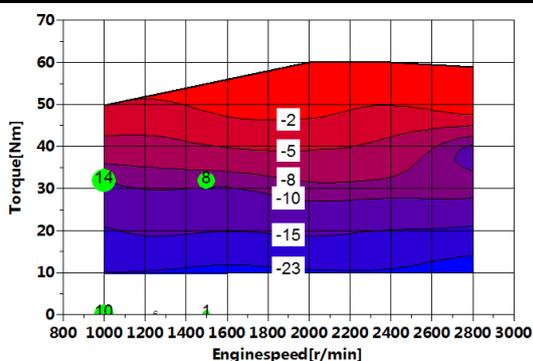


图5 整车权重油耗点在节油区域内的分布

2.3 整车油耗差异分析

图5为搭载该发动机的整车油耗权重点在节油区域内的分布情况,从图中可以看出,落在节油区域内油耗权重占比为33%,而且落在15%以上节油效果区间的权重占比只有11%,这是造成整车节油效果不高的主要原因。

3 结论

通过一维数值模拟,对比分析了采用停缸技术发动机及整车的节油效果,得到以下结论:

通过分析可知停缸技术主要是通过降低泵气损失来实现节油而且基础机泵气损失越高,发动机节油效果越好;

搭载该发动机的整车循环工况权重油耗点落在15%以上节油效果区间的权重占比只有11%,因此节油效果不明显;

采用停缸技术后,常用档位的等速油耗会减低,有助于降低实际使用油耗;

整车搭载采用停缸技术后的发动机的节油效果和发动机自身的泵气损失水平和循环工况油耗权重在整个节油区内占比有较大的关系。

参考文献

- [1]. Matthias N, Wallner T, Scarcelli R. Analysis of Cyclic Variability and the Effect of Dilute Combustion in a Gasoline Direct Injection Engine[C]. SAE Paper 2014-01-1238
- [2]. . Is Cylinder Deactivation a Viable Option for a Downsized 3Cylinder . Dr. A. Schamel.; Dr. M. Scheidt.; Dr. H. Faust.
- [3]. MTZ 2016-12 Cylinder Deactivation for Three-cylinder Engines Martin S, Christoph B,

Matthias K, et al. Combined Miller/Atkinson strategy for future downsizing concepts[J]. MTZ, 2014;2014-75. Dipl.-Ing. Klaus K ü p p e r. ; Dipl.-Ing. Jan Linsel.; Dipl.-Ing. Bert Pingen.; Dipl.-Ing. Carsten Weber.

- [4]. Faust, H. : Powertrain Systems of the Future. Engine, Transmission and Damper Systems for Downsizing, Downsizing and Cylinder Deactivation. 10th Schaeffler Symposium, Baden-Baden, April 3rd - 4th 2014, pp. 24 - 40
- [5]. Faust, H. : Optimisation of drive trains with cylinder deactivation for 3-, 5- and 6-cylinder engines. CTI Symposium Automotive Transmissions, HEV and EV Drives, Berlin, December 8th - 11th, 2014, pp. 415-439