

某混动专用发动机开发及仿真

孙影

安徽江淮汽车集团股份有限公司

摘要: 为开发某款混动专用发动机, 本文基于 AVL-BOOST 软件搭建相应的一维热力学仿真模型, 重点完成两款凸轮型线整机热力学结果对比以及两款增压器匹配分析, 最后基于选定的硬件状态对万有最低比油耗进行仿真预测。整机动力性和经济性满足设计指标要求, 为该混动专用发动机的开发及硬件选型提供指导和建议。

关键词: 混动专用发动机; 热力学; 仿真; 增压器

0 引言

当前汽车市场上, 新能源技术蓬勃发展, 近两年混动市场增长较快, 尤其是增程架构、串并联架构的应用越来越广, 但当前传统内燃机无法很好地匹配混动架构整车, 因此各大车企开始着手开发混动专用发动机。

本文在 AVL-BOOST 软件平台对某混动专用发动机的凸轮型线和增压器匹配问题进行研究, 并基于选定的凸轮和增压器方案对万有最低比油耗进行仿真预测。

1 热力学模型搭建

在 AVL-BOOST 软件中根据发动机各零部件的实际几何尺寸以及空气滤清器、中冷器和增压器等元件特性参数搭建四缸增压汽油机的一维热力学模型, 如图 1 所示。环境气体从边界 SB1 吸入, 通过管 1 到空气滤清器 CL1, 再通过管 2、3、27 将气体引入压气机, 压气机后通过管 4 连接中冷器 CO₂, 中冷器后再通过管 5 连接节气门, 出来再通过管 6 进入进气歧管的谐振腔 PL1。管路 7、8、9、10 为进气歧管, 管路 11、12、13、14 代表进气道, 通过气道将气引到气缸 C1—C4。管子 15、16、17、18、19 代表集成排气歧管, 通过歧管将气引到涡轮机, 涡轮机后通过管路与催化器相连, 最后经管 23 连接出口边界 SB2。废气循环从催前进行取气, 通过 EGR 管路、EGR 中冷器

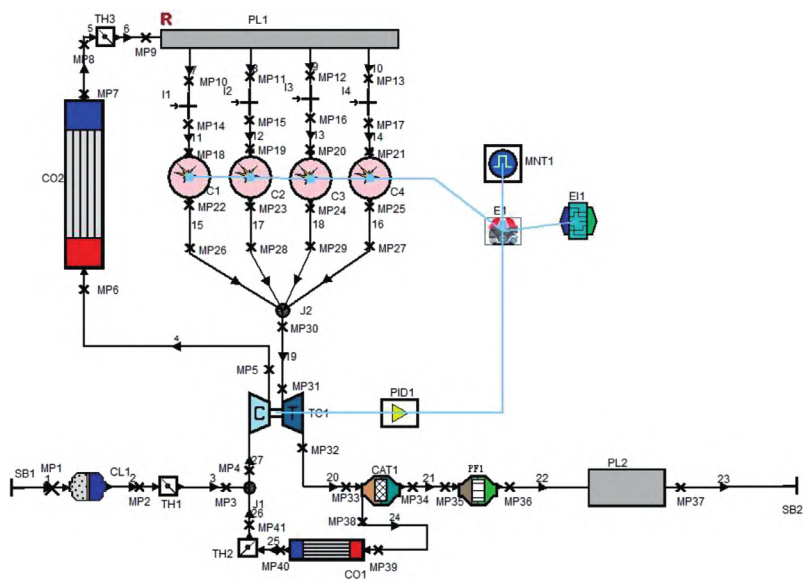


图 1 发动机热力学模型

以及 EGR 阀将废气引至压气机前与新鲜气体一同进入压气机。

2 凸轮型线方案选型

该混动专用发动机为提高热效率, 在进排气循环过程中通过进气门早关来实现米勒循环。两款备选凸轮型线方案如图 2 所示。

基于 AVL-BOOST 软件对上面两款凸轮型线方案进行仿真计算, 计算思路是在已搭建好的热力学模型中保持转矩平台及最大功率达成设计指标要求, 对比比油耗、泵气损失等热力学结果, 如图 3 所示。

热力学结果显示: 方案一和方案二型线均能达成外

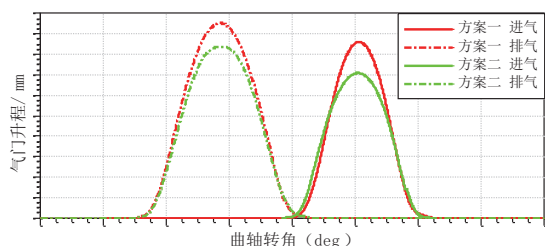


图2 凸轮型线方案

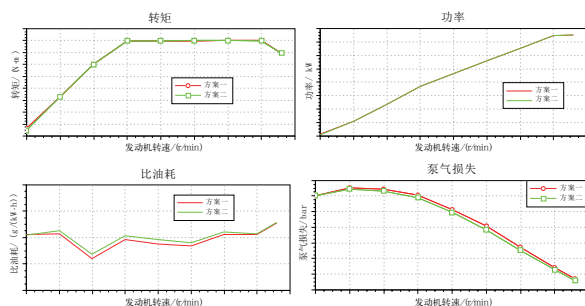


图3 两款凸轮型线对应的热力学结果

特性扭矩平台和最大功率指标；方案一型线的泵气损失较小，比油耗较低。本文增压器匹配分析基于方案一凸轮型线进行仿真计算。

3 增压器匹配仿真分析

本文主要对两款不同的增压器方案（方案一和方案二）进行匹配计算，匹配计算时，保持发动机的动力性不变，将两款增压器方案对应的map数据迭代到热力学模型中进行仿真预测，对比比油耗、进气量、增压器转速、压比以及增压器效率等热力学结果，并对比两款增压器匹配运行状态，为增压器的选型提供指导和建议。

3.1 热力学结果分析

两款增压器方案进行匹配计算时，保持相同的进排气计算边界，在相同动力性的情况下，两款增压器方案对应的热力学结果如图4所示。

(1) 两款增压器均能达成外特性扭矩平台和最大功率指标要求。额定工况下，方案二的压后温度、涡前压力低于方案一。

(2) 两款增压器匹配运行结果显示：在全转速范围内，方案二压气机转速低于方案一，方案二增压器总效率高于方案一。

3.2 增压器匹配分析

判断压气机匹配是否合格时，主要关注以下几点：发动机工况点尽可能运行在高效率线附近；低速区匹配运行线不能超出喘振线；高速区匹配运行线不能超出阻

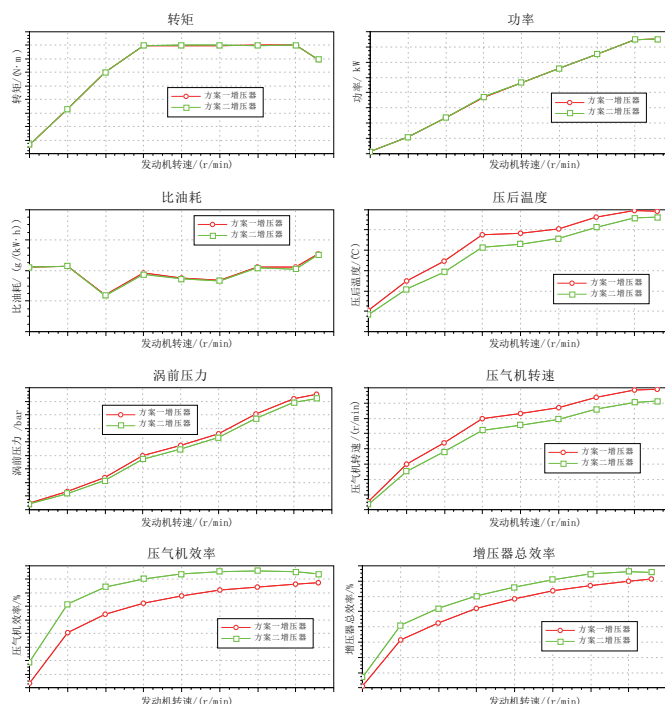


图4 两款增压器方案对应的热力学结果

塞线；增压器转速不能超出其最大转速。

图5为两款压气机匹配运行线。方案一中低转速靠近喘振线，中高转速未匹配到高效率区，高转速远离增压器的最大转速线和阻塞线；方案二中低转速距离喘振线裕度较大，中高转速穿过高效率区，高转速远离增压器的最大转速线和阻塞线。

由热力学结果和增压器匹配分析结果可知：在动力性相同的情况下，方案二增压器转速较低、总效率较高；方案二与压气机匹配原则最吻合：低转速距离喘振线裕度较大，中高转速穿过高效率区，高转速远离增压器的最大转速线和阻塞线。因此，确定方案二增压器为主选方案。后续章节万有最低比油耗基于方案二增压器进行仿真分析。

4 万有最低比油耗预测

基于以上分析选定的凸轮型线和增压器方案对万有最低比油耗进行仿真分析。热力学结果如图6所示，结果显示，万有最低比油耗满足设计指标要求。

5 结语

本文基于AVL-BOOST软件以及发动机关键参数搭建四缸增压汽油机的一维热力学模型，可适用于后续凸轮和增压器方案选型以及万有最低比油耗预测。

方案一和方案二型线均能达成外特性扭矩平台和

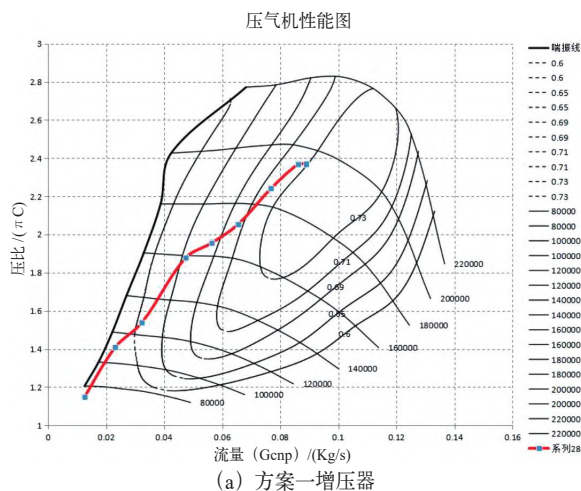
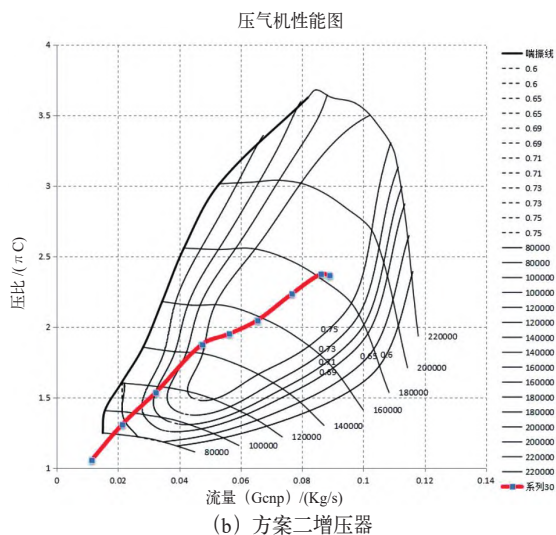


图5 两款增压器 map 匹配运行线

最大功率指标; 方案一型线的泵气损失较小, 比油耗较低。确定方案一型线为主选方案。

在动力性相同的情况下, 方案二增压器转速较低、

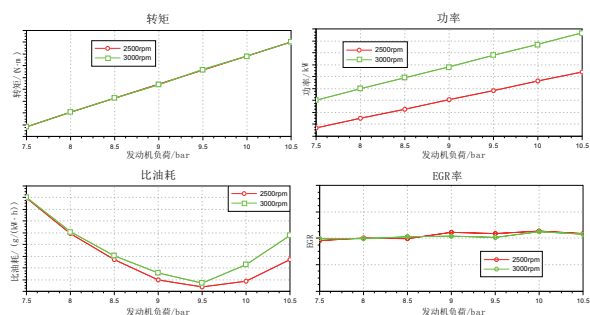


图6 万有最低比油耗预测结果

总效率较高; 方案二与压气机匹配原则最吻合: 低转速距离喘振线裕度较大, 中高速穿过高效率区, 高转速远离增压器的最大转速线和阻塞线。确定方案二增压器为主选方案。

基于主选凸轮和增压器方案, 整机万有最低比油耗可以达成设计指标要求。

参考文献

- [1] 曾文, 宋崇林. 直喷汽油机燃料与空气混合过程的大涡模拟[J]. 沈阳工业大学学报, 2010,32 (3): 258-265.
- [2] 杨世友, 顾宏中, 郭中朝. 柴油机涡轮增压系统研究现状与进展[J]. 柴油机, 2001 (4): 1-5.
- [3] 余志生. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [4] 冯志国, 杨绍普. 车辆现代设计方法[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] 周龙保. 内燃机学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.