

发动机气门形线优化研究

The valve shape optimization of engine

李斌 贺燕铭 刘系磊

(北京汽车动力总成有限公司)

摘要: 利用一维仿真分析软件 GT-POWER 对北汽某款发动机进气升程曲线进行优化, 通过改变原有进气门形线的包角和升程提高发动机功率扭矩特性, 并初步分析其部分负荷工作特性。计算结果表明, 适当减小气门包角, 可以有效的提高发动机低速扭矩特性。

关键字: GT-POWER 气门形线 优化

Abstract: The lift curve of intake valve of an engine produced by BAIC was optimized by using GT-POWER software, the engine performance was improved by optimizing the angle and lift of intake valve, and the part load performance was analyzed. The results showed the engine low end torque could be improve by decrease the angle of intake valve lift curve.

key words: GT-POWER valve lift curve optimization

1 概述

对于自然吸气汽油机, 配气机构作为其重要组成部分, 其设计合理与否直接关系到其动力性和燃油经济性。气门升程曲线作为配气机构的核心部分, 对气门升程曲线的优化设计显得尤为重要^[1,2]。本文以北汽某款发动机为例, 介绍了一种气门形线优化方法, 对进气门升程曲线进行优化设计, 通过调整气门升程曲线的包角系数和升程系数 (如图 1 所示), 获得最佳气门升程曲线, 提高发动机充气效率, 改善发动机的动力性和燃油经济性。

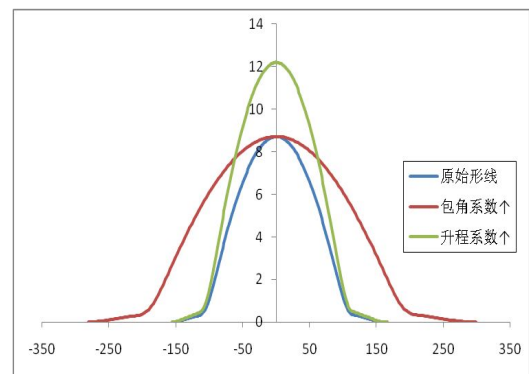


图 1 气门升程曲线的修改

2 GT—POWER 模型建立

本文的研究对象为一台 1.5L 带有进气 VVT 的自然吸气发动机, 其基本参数如表 1 所示。在 GT-POWER 中搭建该发动机模型, 如图 1 所示。利用实验数据对该发动机模型进行标定, 标定结果如图 3 所示。从计算结果来看, 仿真值与实验值基本吻合, 计算误差在 3% 以内, 可以用于进一步计算研究。

表 1 发动机基本技术参数

类型	四冲程汽油机
排量 L	1.49L
压缩比	10.5
缸径×行程 mm×mm	75×84.8
最大扭矩 Nm/rpm	138/3200
最大功率 kW/rpm	81/6000

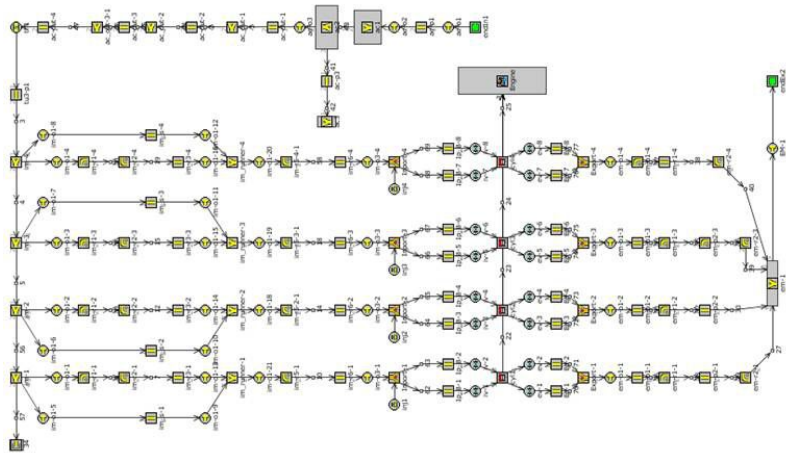
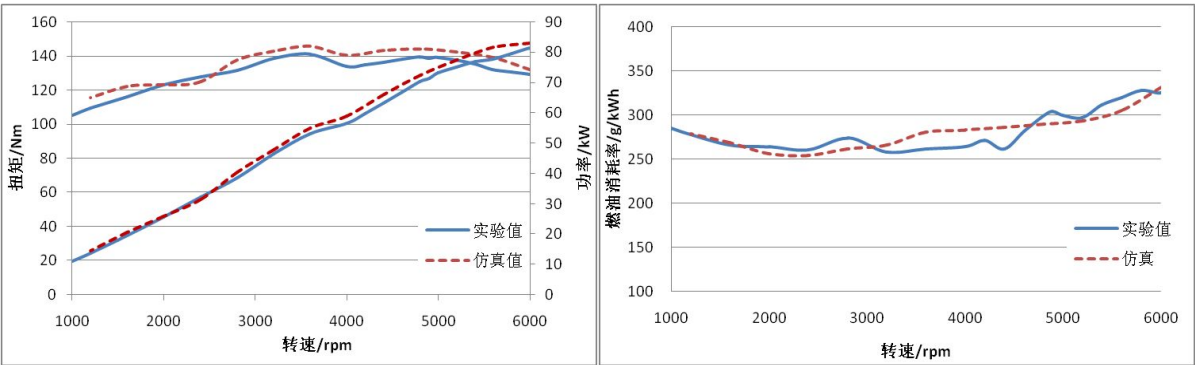


图 2 GT-POWER 模型



a) 功率扭矩

b) 燃油消耗率

图 3 模型标定

3 计算结果：外特性

3.1.包角系数对发动机性能的影响

结合进气 VVT，计算不同包角系数在不同转速下对发动机扭矩的影响，以初步确定包角系数调整范围。如图 4 所示。从计算结果可以看出，发动机转速较低时，采用较小的包角系数可以提高发动

机扭矩，其中，1200rpm 时，最大可提升发动机扭矩 18Nm；当发动机转速较高时，较大的包角系数可以提高发动机扭矩，但提升的效果不明显，此时利用包角系数对扭矩的提升作用小于利用 VVT 对发动机扭矩的提升作用。因此，包角系数的优化将主要集中在对发动机低速扭矩的提升。根据计算结果，初步确定选取包角系数范围为 0.8~1.1。

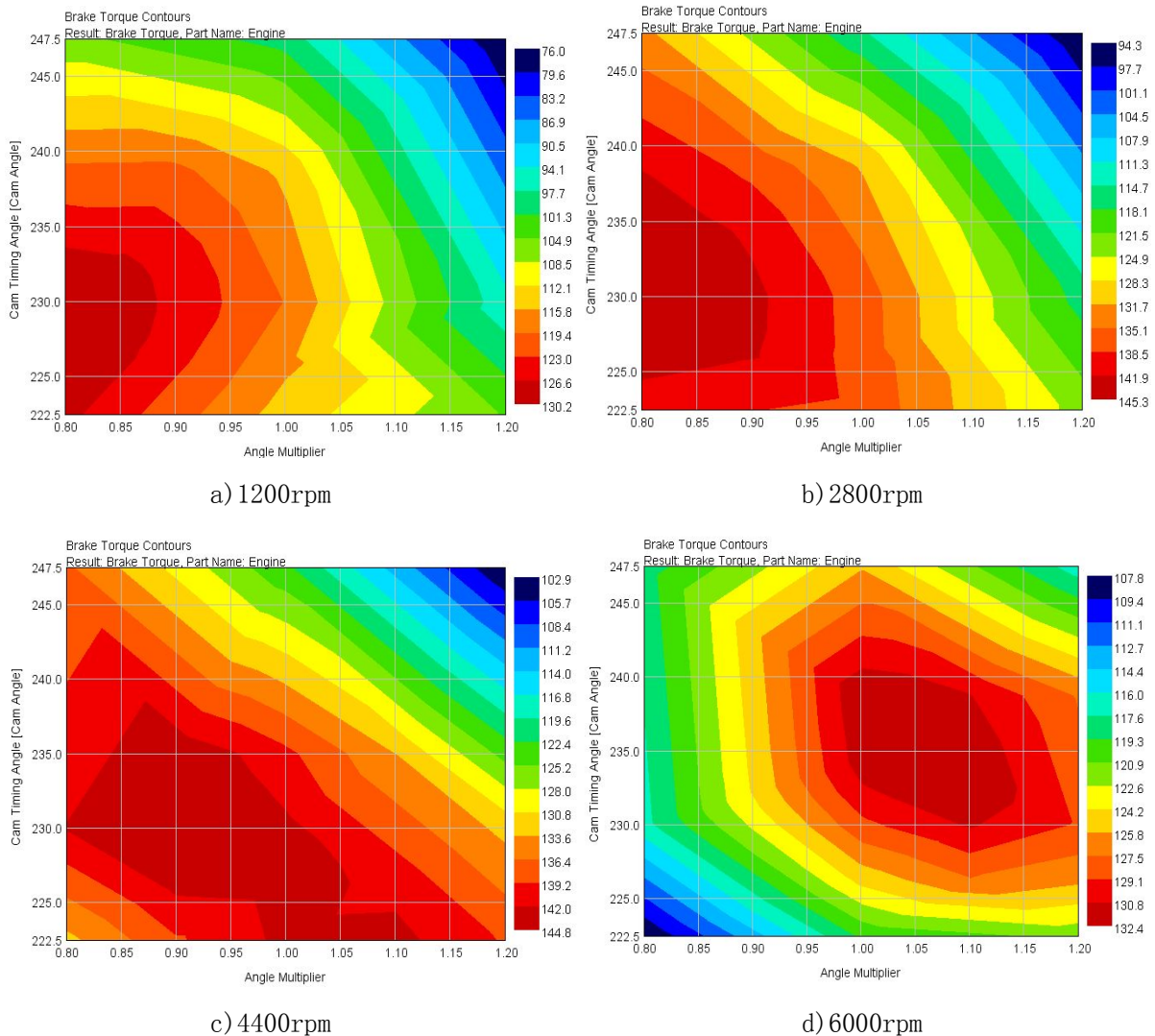


图 4 包角系数在不同转速下对发动机扭矩的影响

设置进气凸轮包角系数为 0.8、0.9、1.1，计算不同包角系数对发动机性能的影响，由于不同的气门形线所对应的最佳配气相位也不同，因此在计算过程中需要优化进气相位，使发动机的充气效率达到最高。与原机做对比，计算结果如图 5 所示：

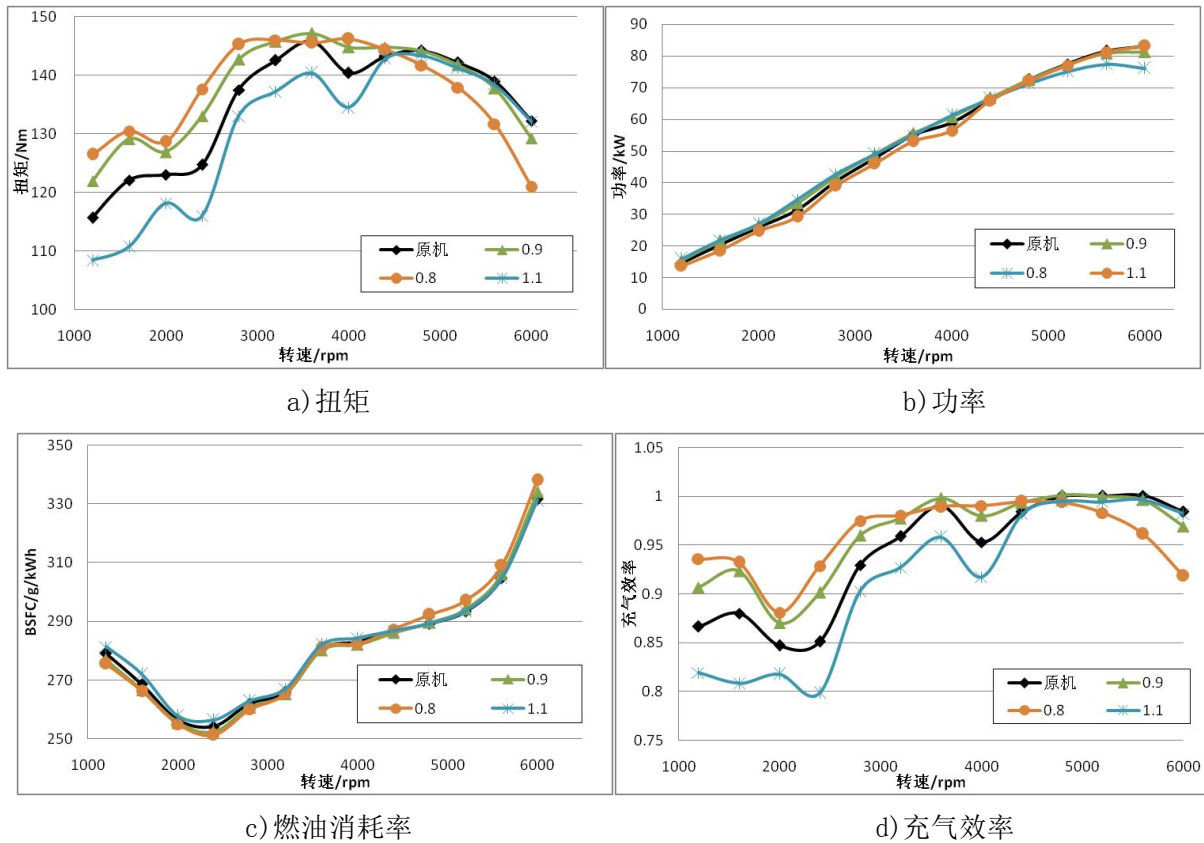


图 5 包角系数对发动机性能的影响

从计算结果中可以看出,当包角系数减小时,发动机的低速扭矩有所提高,高速功率有所下降;当包角系数增加时,发动机低速扭矩有所下降,高速功率则基本不变。其中,当包角系数为 0.9 时,其 1200rpm 扭矩可以提高 5.2%,6000rpm 功率下降 2.2%,随着包角系数的继续减小,其低速扭矩提升空间逐渐变小,而高速功率有明显的下降,因此,为照顾发动机低速特性,可以将原有形线的包角系数调整为 0.9,此时发动机高速功率没有明显的下降。

从图 5 (d) 可以看出,当包角系数为 0.9 时,发动机低速充气效率有明显的提升。从图 6 可以看出,1200rpm 时,原机在进气门关闭时存在进气回流现象,这是因为发动机此时处于压缩冲程,活塞上移,气门没有完全关闭,而发动机处于低转速,进气惯性较小,所以存在明显的进气回流。随着包角系数的减小,进气门关闭时刻提前,进气回流现象减弱,充气效率得以提高,从而提高发动机低速扭矩特性。当发动机转速较高时,进气惯性大,不存在进气回流现象,包角系数过小,反而会减少进气时间,降低循环进气量(如图 6b 所示),影响发动机功率。

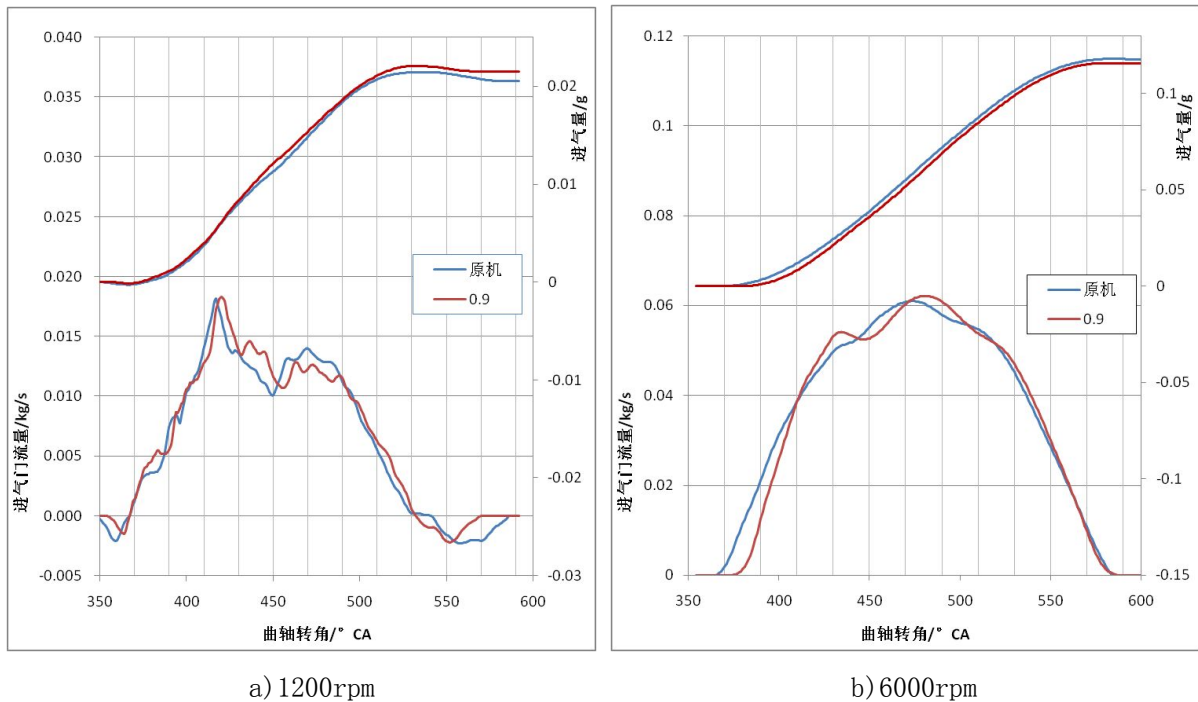
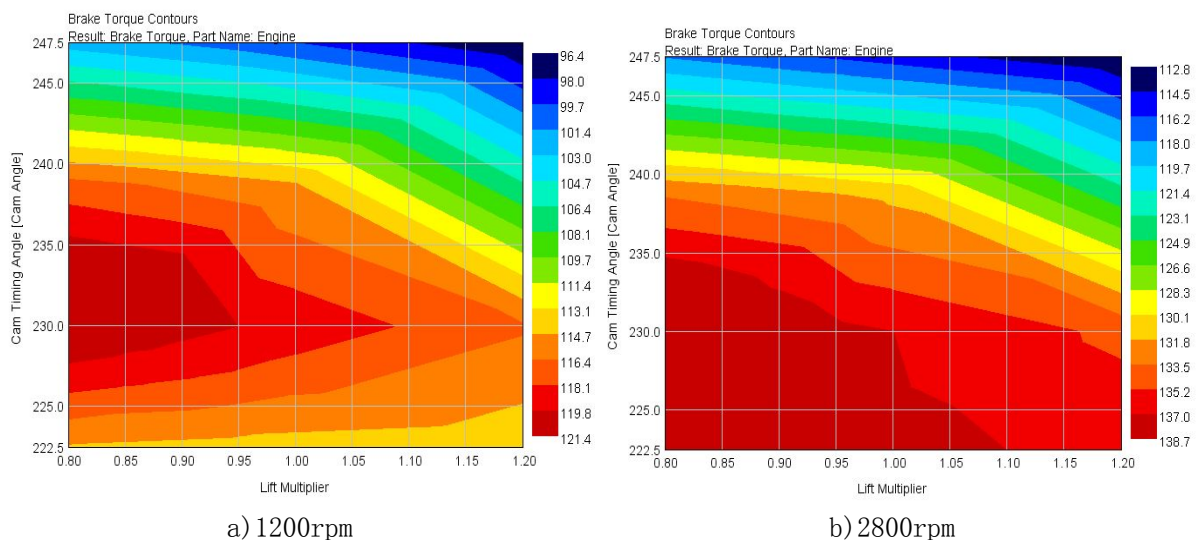


图 6 包角系数对进气过程的影响

3.2. 升程系数对发动机性能的影响

结合进气 VVT, 计算在不同转速下升程系数对发动机性能的影响, 以初步确定升程系数调整范围, 计算结果如图 7 所示。从计算结果可以看出, 在发动机低转速, 发动机输出扭矩随升程系数的减小而增加, 但相对于原机提升空间有限, 1200rpm 时最大仅能提升发动机扭矩 2Nm; 在发动机中高速, 发动机扭矩随升程系数的增加而增加, 6000rpm 时, 在原机的升程系数已经可以获得最大扭矩。根据计算结果, 初步确定升程系数的范围为 0.9~1.1。



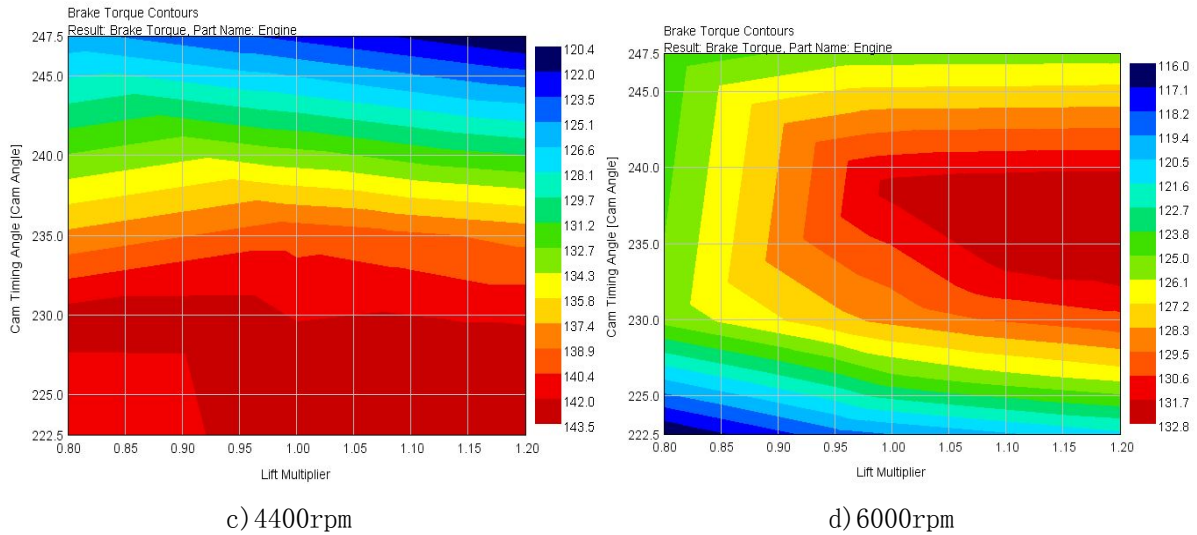


图 7 升程系数在不同转速下对发动机扭矩的影响

设置进气门升程系数为 0.9、0.95、1.1，计算不同升程系数对发动机性能的影响。与原机计算结果进行对比，如图 5 所示。从计算结果可以看出，气门升程系数对发动机性能的影响不大，目前的气门升程系数处于最优状态。

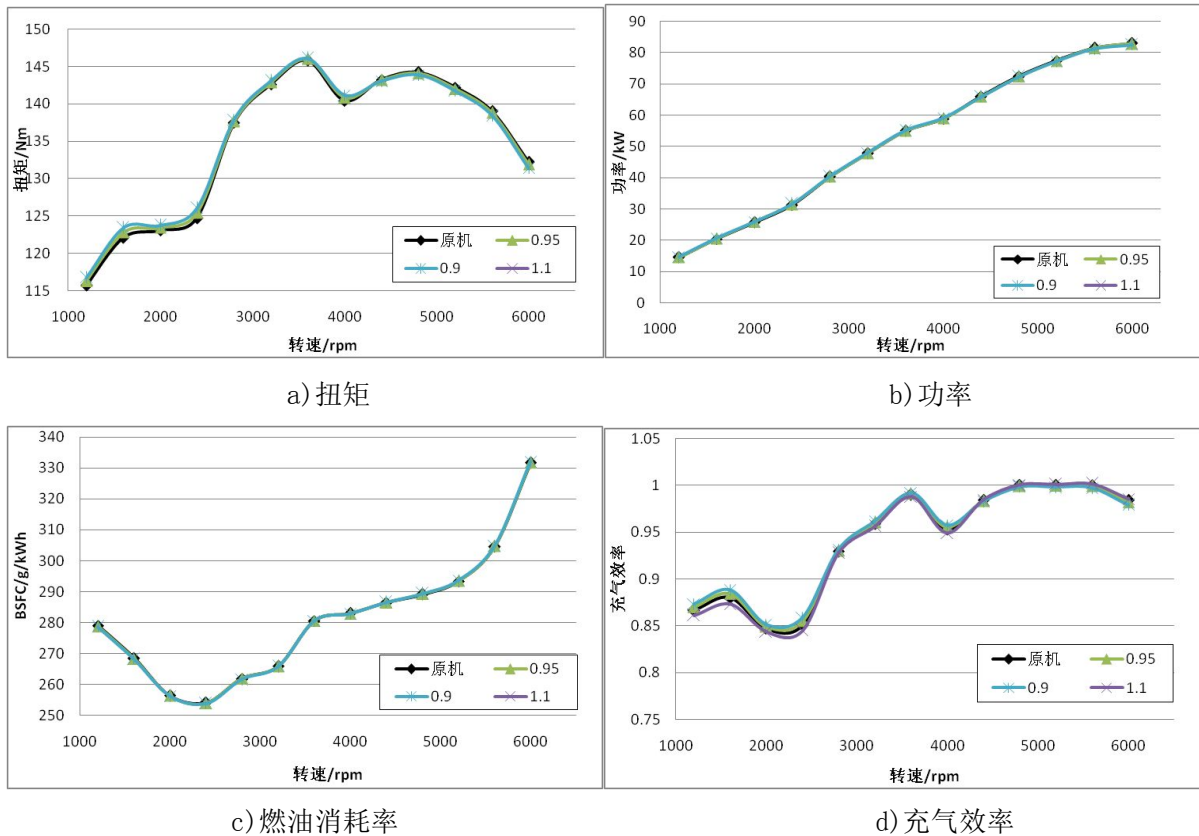


图 8 升程系数对发动机性能的影响

4 计算结果：部分负荷

根据之前的计算结果，将气门包角系数设置为 0.9，计算该气门升程曲线在发动机部分负荷时对燃油消耗率的影响，由于该气门升程曲线对发动机高速扭矩影响很小，本文只计算发动机中低转速下的燃油消耗率，计算结果如图 9 所示。从计算结果可以看出，在低转速小负荷时，燃油消耗率较原机略有上升，这是由于随着发动机充气效率的提高，相同 BMEP 情况下发动机节气门开度较小，节流损失较大所导致泵气损失增加，从而油耗上升，如图 10 所示。随着负荷的增加，燃油消耗率逐渐降低；当发动机转速上升时，燃油消耗率基本与原机持平，这与外特性的计算结果相一致。

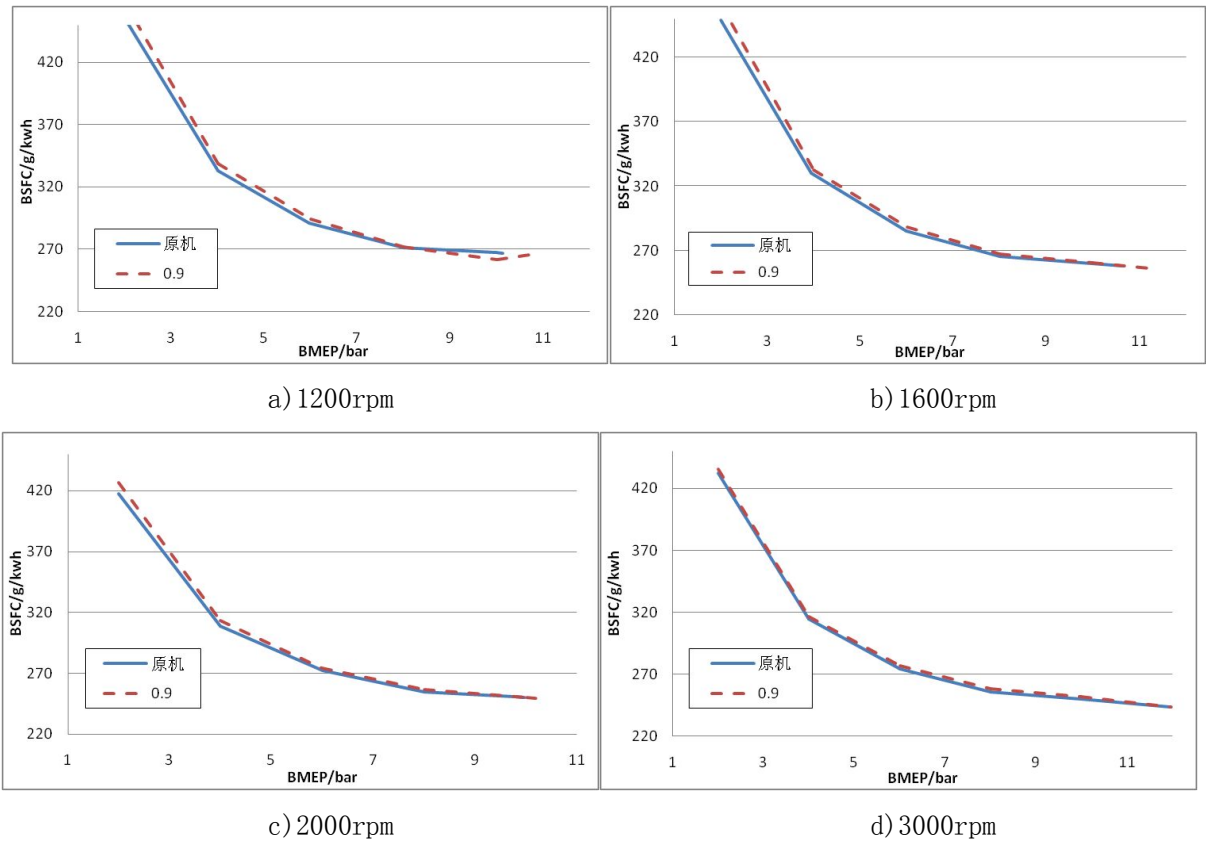


图 9 包角系数对部分负荷油耗的影响

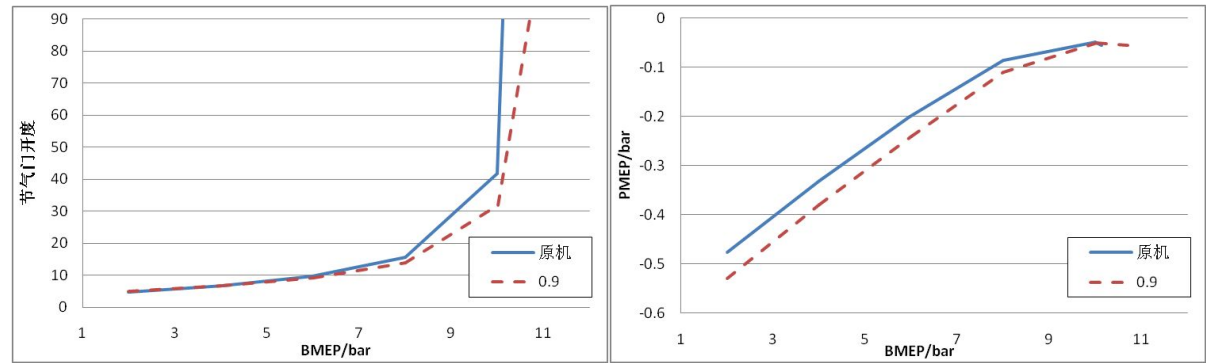


图 10 1200rpm 部分负荷工作特性

5 结论

- 1) 适当减小包角系数, 可以提高发动机低速扭矩特性, 本文中, 当包角系数为 0.9 时, 发动机低速扭矩最大可提升 18Nm, 达到 5.2%, 此时高速功率下降 2.2%;
- 2) 升程系数对发动机性能的影响很小, 原机升程处于最优状态;
- 3) 减小包角系数, 发动机低速小负荷油耗略有上升;
- 4) 为照顾发动机低速扭矩特性, 可以将包角系数设置为 0.9, 升程系数不变。

6 参考文献

- [1] 周龙宝,《内燃机学》, 机械工业出版社, 1999 年 6 月
- [2] 陈家瑞,《汽车构造》, 机械工业出版社, 2009 年 1 月