

应用 GT-POWER 软件优化柴油机性能

张海艳

上海柴油机股份有限公司研发中心

应用 GT-POWER 优化柴油机性能

Use GT-Power to optimize diesel engine performance

张海艳

(上海柴油机股份有限公司研发中心)

摘 要: 本论文利用 GT-Power 软件建立了柴油机仿真模型, 利用该模型研究了喷油提前角、压缩比、进排气正时及排气歧管直径对柴油机性能的影响。在不同的柴油机转速, 这些参数有不同的最佳值, 计算结果为柴油机的优化设计提供了依据。

关键词: GT-Power 性能 优化 模型

Abstract Diesel engine model is built by using the GT-POWER software, in which the effect of injection advance angle 、compression ratio 、intake valve and exhaust valve timing and exhaust manifold diameter on diesel engine performance are studied. At different speeds these parameters have different best value. Computation results provide theory instruction for optimization of diesel engine design.

Key words: GT-Power , Performance , Optimization , Model

1 引言

近年来对柴油机经济性、动力性及排放等性能的要求不断提高, 如何更有效地组织整机的热力过程、合理地选择工作过程的参数及与之有关的结构参数, 使全工况性能进一步提高, 即所谓性能优化, 是柴油机工作者都在研究的一个方向。而完全通过试验对柴油机进行优化将导致工作量过大, 耗费大量的人力、物力。计算机的发展以及预测模型的不断完善使计算机辅助设计广泛应用在发动机的研制和新产品开发中, 解除了设计者的繁重劳动, 大幅度缩短研制周期^[1]。

GT-POWER 软件是发动机一维气体流动模拟的专用软件, 用来模拟发动机换气过程, 对发动机管系结构、凸轮型线和配气相位、增压器匹配等方面作出评价和指导。

利用 GT-POWER 中的 DOE 模块可进行方案设计及优化, 本文应用 GT-POWER 软件建立了整机分析模型, 确定优化设计变量, 对柴油机的部分参数进行了优化, 为柴油机设计改进提供依据。

2 GT-POWER 优化模型的建立

所研究的发动机为上柴 D4114 柴油机，具体的参数见表 1。

GT-POWER 整机分析模型主要由进气系统、排气系统、气缸、曲轴箱、喷油器组成。利用模型优化之前必须应用试验数据对模型进行校准，需要校准下列参数：净功率、扭矩、容积效率、空气质量流量、燃油流量、空燃比、缸内动态压力曲线及进排气管道的压力、温度等。图 1 列出了部分校准后的模型计算结果与试验结果（其他结果对比图不再列出），由结果对比可知，模型是可靠的。

表 1 D4114 柴油机参数

发动机布置型式	水冷直列六缸	压缩比	17.3 : 1
缸径(mm) × 冲程(mm)	114 × 130	排量(L)	5.308
吸气方式	增压中冷	燃油喷射方式	直列高压油泵
标定转速 (r/min)	2300	最大扭矩转速 (r/min)	1400

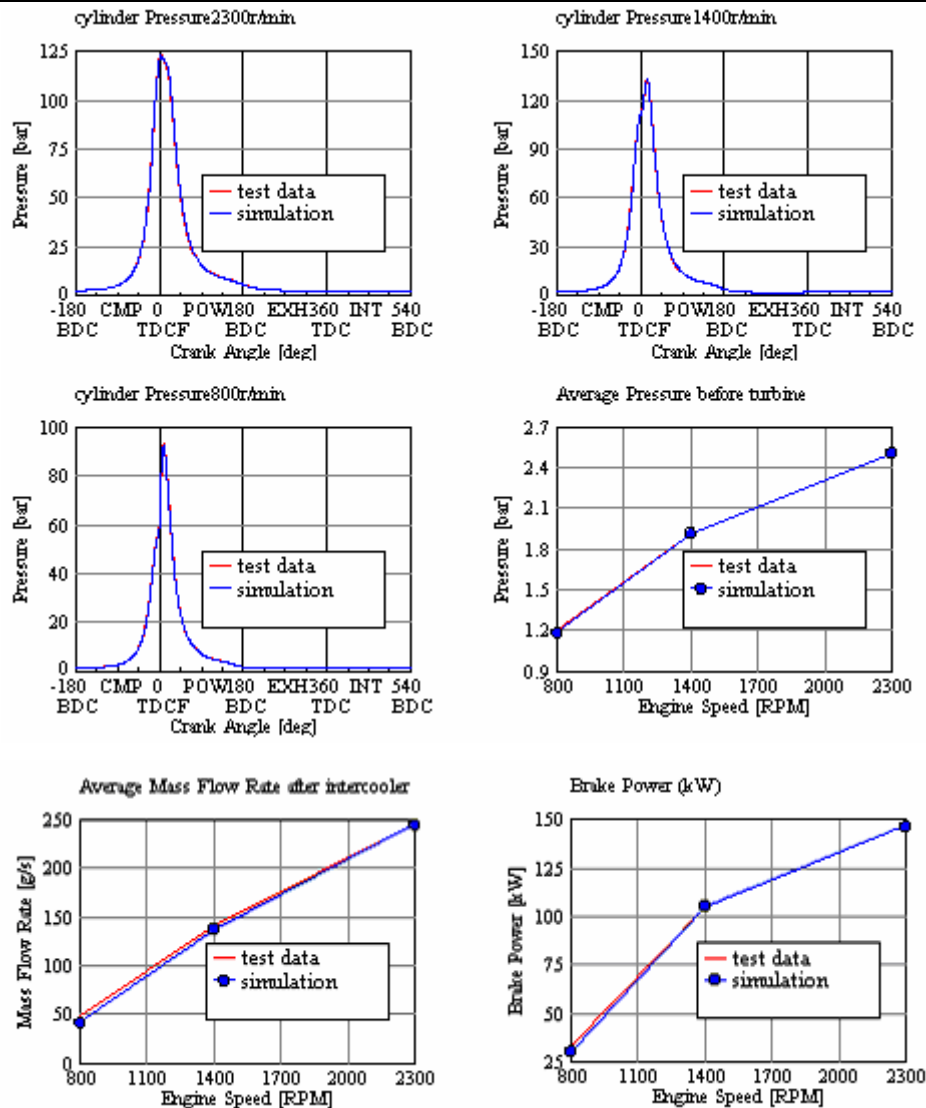


图 1：试验结果与计算结果比较

3 应用模型进行优化计算

在优化设计中,一般来说,优化变量越多,则优化效果越好,但也相应增加了寻优的工作量。为减少计算时间,研究参数分开进行优化,并只对满负荷时的标定转速(2300r/min)、最大扭矩转速(1400r/min)及低速(800r/min)三个工况进行优化计算。

3.1 压缩比与喷油提前角的优选^[2]

优化目标:比油耗最低

自变量参数:燃烧提前角、压缩比

计算结果见图 2、3,在 2300r/min 工况,随着燃烧时刻的提前及压缩比的增大,比油耗降低,燃烧爆发压力升高。在 1400r/min 工况,燃烧提前角-6 A,比油耗最低。800r/min 最高燃烧压力不会超标,所以没有计算。计算结果表明油耗受燃烧提前角影响比较明显,压缩比对爆发压力的影响比较明显,在不同转速,燃烧提前角、压缩比对油耗与爆发压力的影响趋势也不一样,2300r/min 工况的最佳燃烧时刻要比 1400 r/min 工况提前。

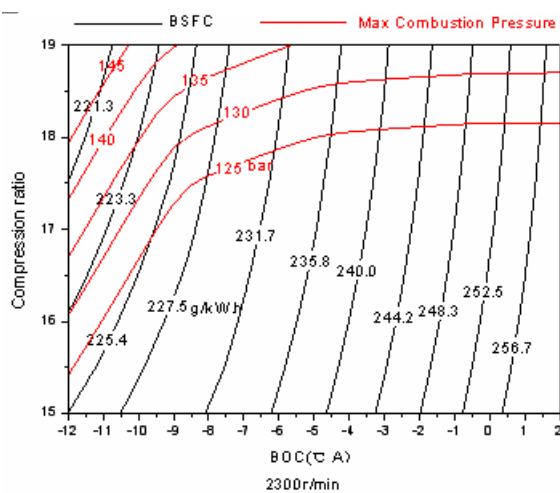


图 2: 比油耗与燃烧提前角、压缩比关系图
2300r/min 满负荷工况

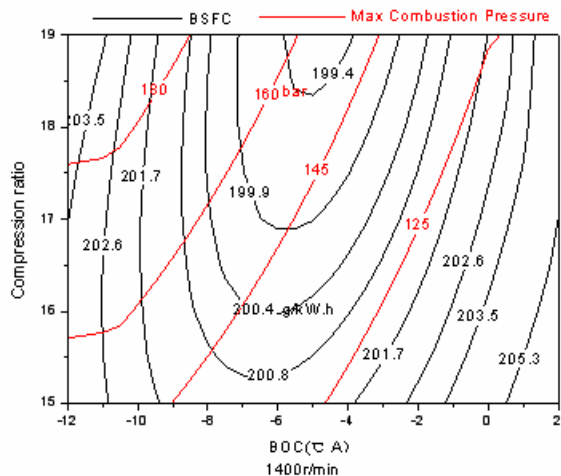


图 3: 比油耗与燃烧提前角、压缩比关系图
1400r/min 满负荷工况

3.2 进气关正时 ϕ_{ivc} 的优选^[2]

优化目标:缸内进气充量系数最大

自变量参数:进气门关闭角度

计算结果见图 4~6。随着转速升高,达到缸内进气充量系数最大的最佳进气关正时角度增大。进气迟闭是为了利用在吸气过程中形成的进气管内气流的流动惯性,实现气缸的过后充气,可能使得进气终了时,缸内压力等于或高于进气管压力,从而提高充量系数。但过大的进气迟闭角会导致缸内气流倒流进入进气管。计算结果表明转速升高,进气管内气体流动惯性增大,进气关正时角度增大有利于进气。随着充量系数增大,爆压升高,排温降低。

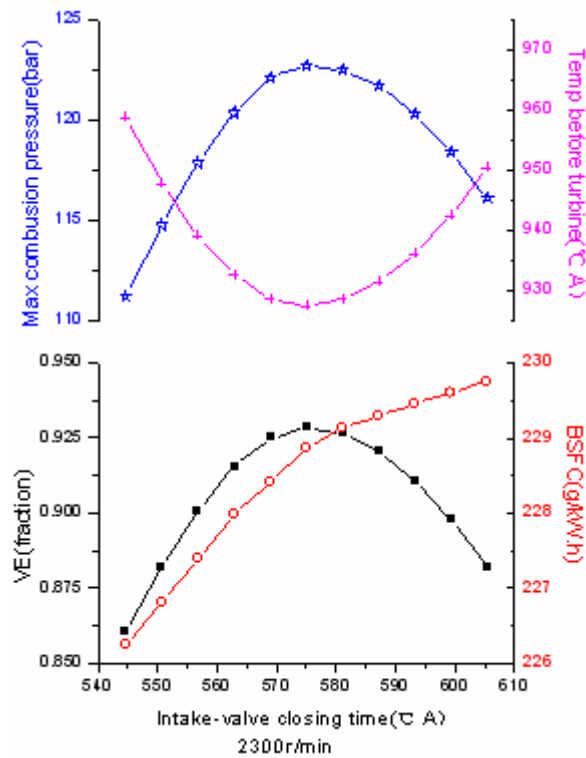


图 4：进气关正时对性能的影响
2300r/min 满负荷工况

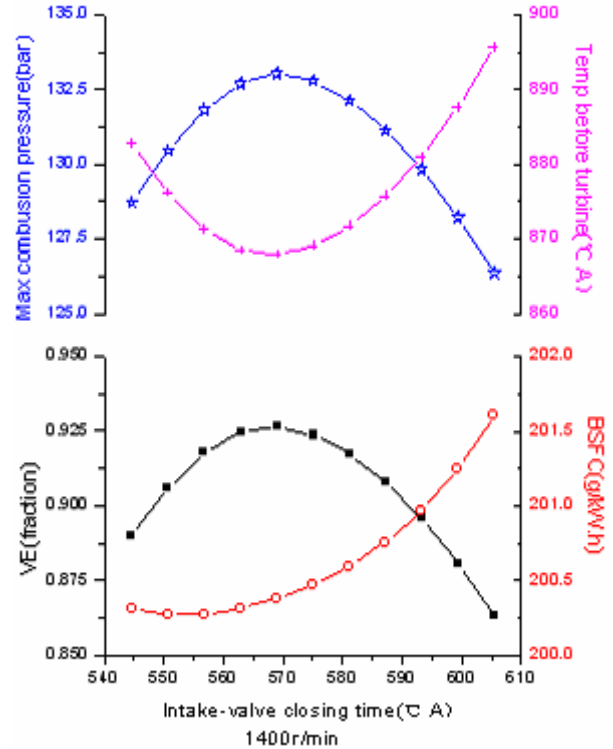


图 5：进气关正时对性能的影响
1400r/min 满负荷工况

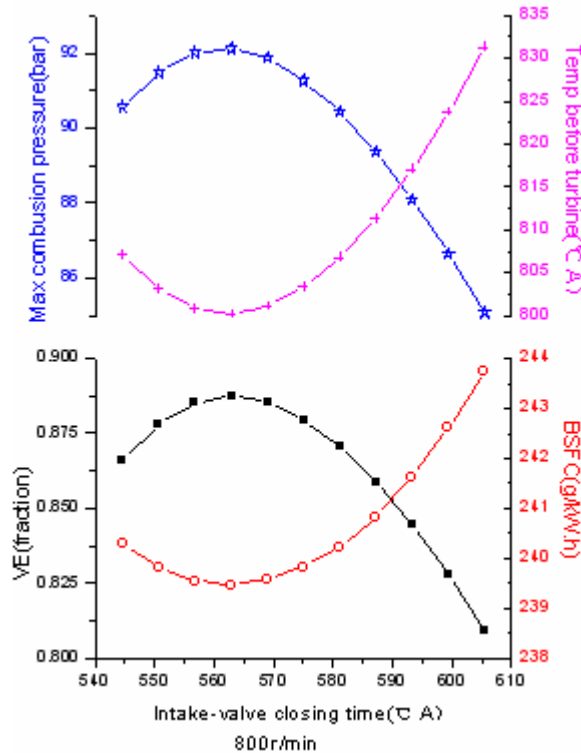


图 6：进气关正时对性能的影响
800r/min 满负荷工况

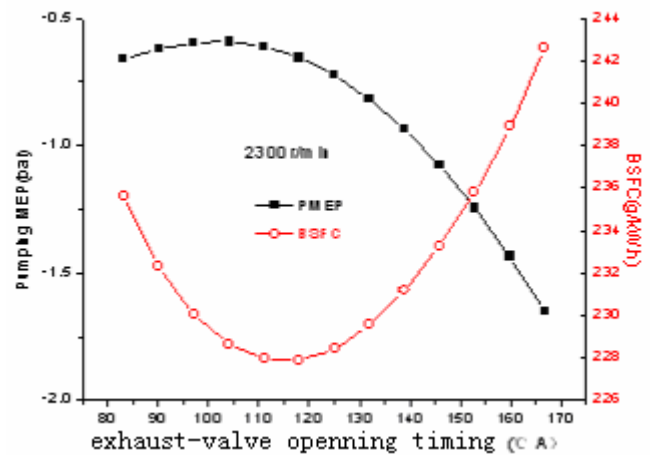


图 7：排气开正时对性能的影响
2300r/min 满负荷工况

3.3 排气开正时 ϕ_{evo} 的优选^[2]

优化目标：比油耗最低

自变量参数：排气门开启角

计算结果见图 7~9。排气提前角增大，膨胀损失增加，而推出损失功减小。随着转速升高，最佳排气开正时提前。这是因为转速升高，用于排气的实际时间减少，而高速时气流质量大惯性大，所以排气正时相应提前，有利于减小推出损失功。

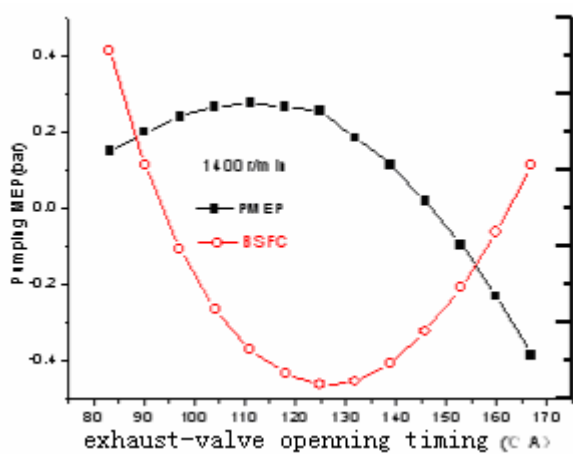


图 8：排气开正时对性能的影响
1400r/min 满负荷工况

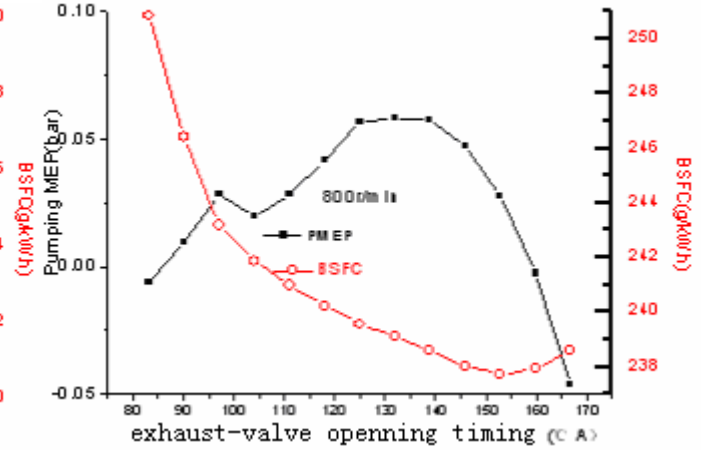


图 9：排气开正时对性能的影响
800r/min 满负荷工况

3.4 进排气重叠角优化^[2]

优化目标：比油耗最低

自变量参数：排气门关闭角度 进气门开启角

计算结果见图 10~12。随转速升高气门重叠角加大，有利于降低油耗及提高扫气系数。这同样也是因为转速升高，同样的气门重叠角实际重叠时间减少，且气流惯性大。

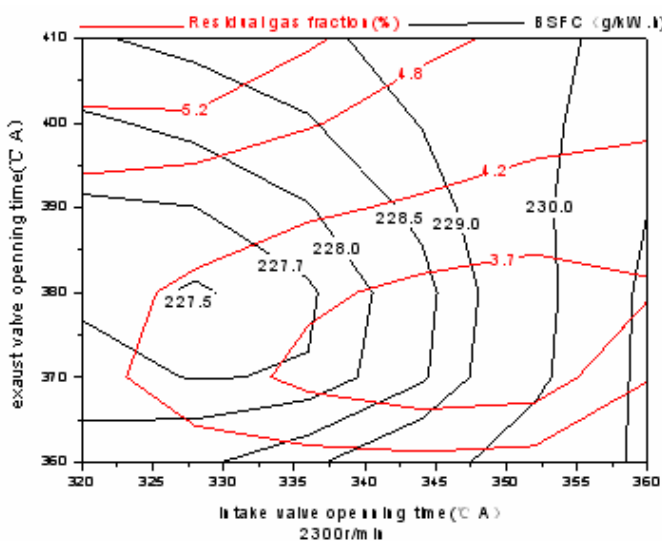


图 10 气门重叠角对性能的影响
2300r/min 满负荷工况

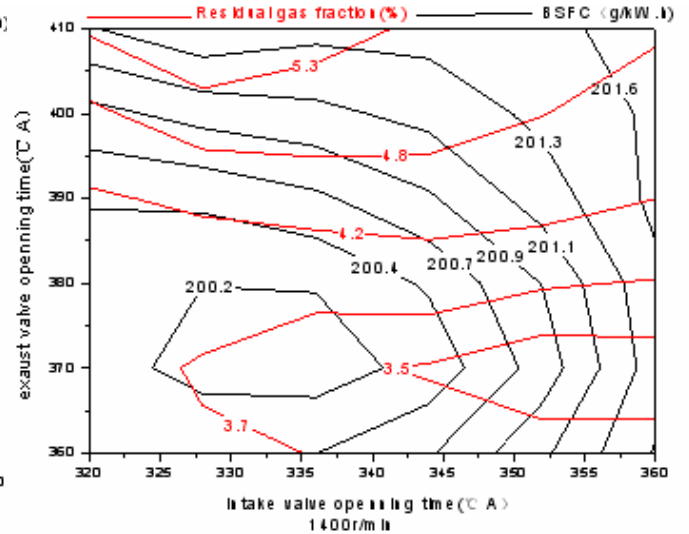


图 11：气门重叠角对性能的影响
1400r/min 满负荷工况

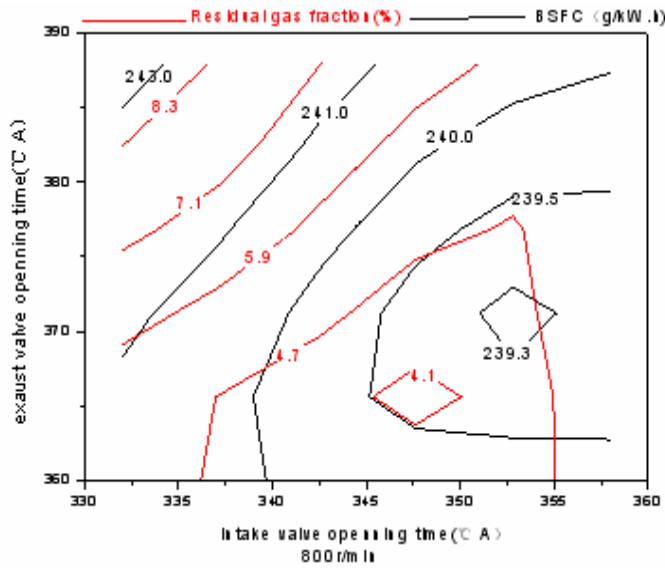


图 12：气门重叠角对性能的影响
800r/min 满负荷工况

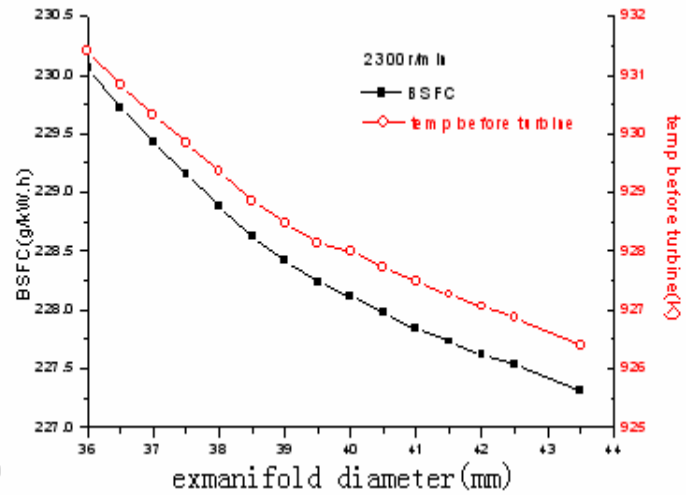


图 13：排气歧管直径对性能的影响
2300r/min 满负荷工况

3.5 排气歧管直径优化

优化目标：比油耗、排温

自变量参数：排气歧管直径

计算结果见图 13 ~ 15，油耗、排温随排气歧管直径增大而降低，排气歧管直径对 2300r/min 的影响较明显，对 1400r/min、800r/min 的影响不明显。但增大排气歧管直径对瞬态性能不利。

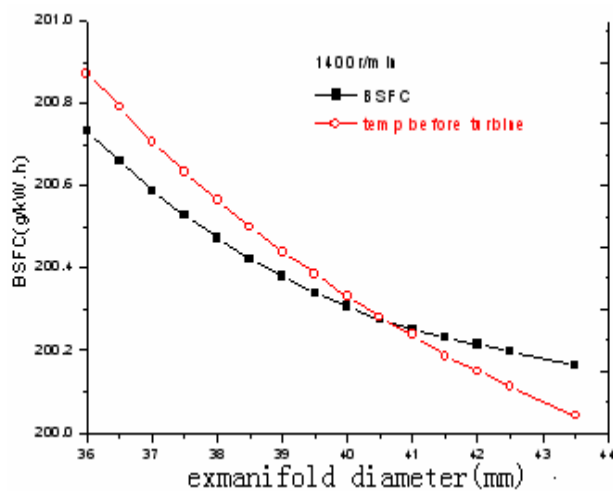


图 14：排气歧管直径对性能的影响
1400r/min 满负荷工况

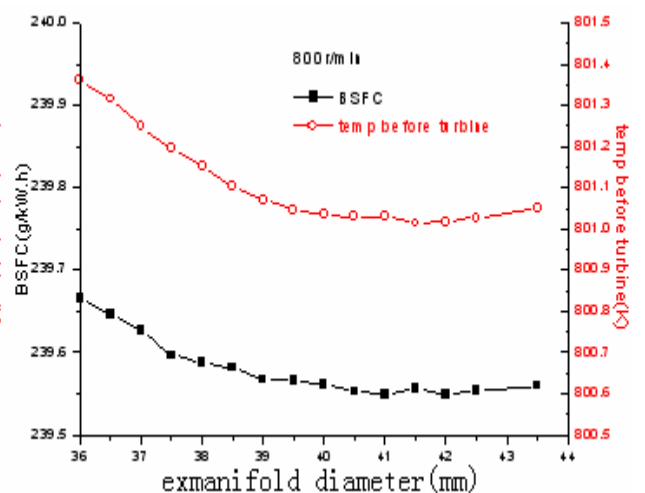


图 15：排气歧管直径对性能的影响
800r/min 满负荷工况

4 结论

1. 压缩比太大引起燃烧爆发压力太高,根据爆发压力 $\leq 140\text{bar}$ 的设计要求,压缩比 ≤ 17.5 能得到好的经济性。
2. 进气阀关闭正时可设计在 $575^\circ\text{A} \sim 562^\circ\text{A}$ 之间,设计目标要求高速性能好,可在此范围内选择较大的关闭正时角度。
3. 排气阀开启正时可设计在 $118^\circ\text{A} \sim 152^\circ\text{A}$ 之间,设计目标要求高速性能好,可在此范围内选择较小的开启正时角度。
4. 进气阀开启排气阀关闭正时可设计为 $(333.4, 373.6)$,如果设计要求低速性能好,可减小气门重叠角。
5. 排气歧管直径对高速性能影响较大,设计时需综合考虑高速工况及瞬态性能。

5 参考文献

- [1]刘永长 《内燃机热力过程模拟》 机械工业出版社 2001
- [2]顾宏中 《涡轮增压柴油机性能研究》 上海交通大学出版社 1998