

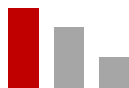


行有道·達天下

增压发动机米勒循环与阿特金森循环对比

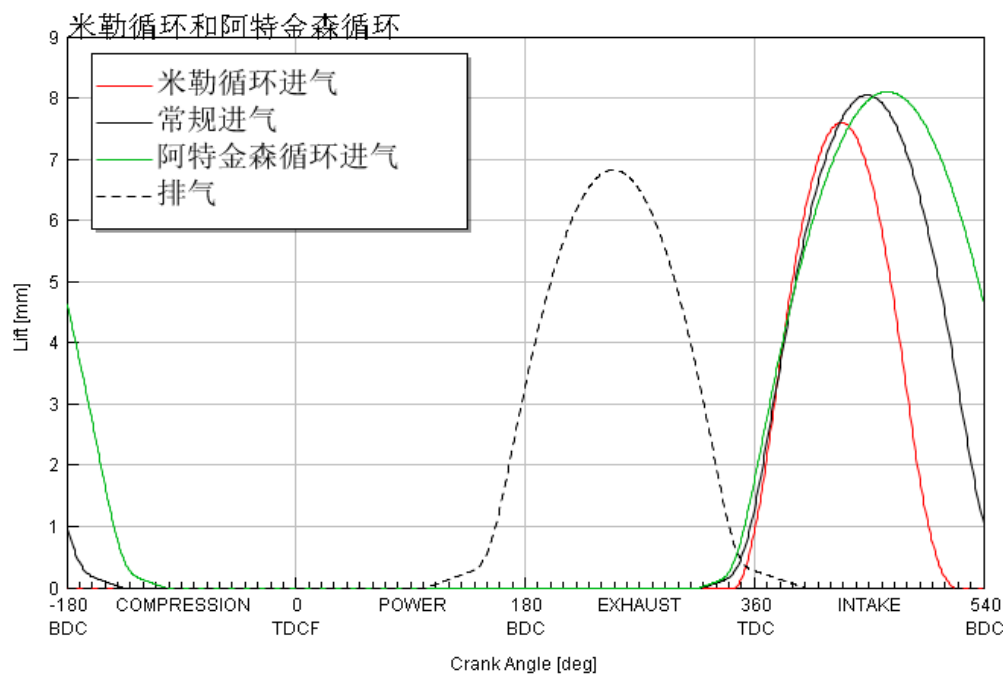
北京汽车动力总成有限公司

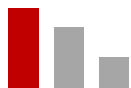
李斌



米勒循环和阿特金森循环

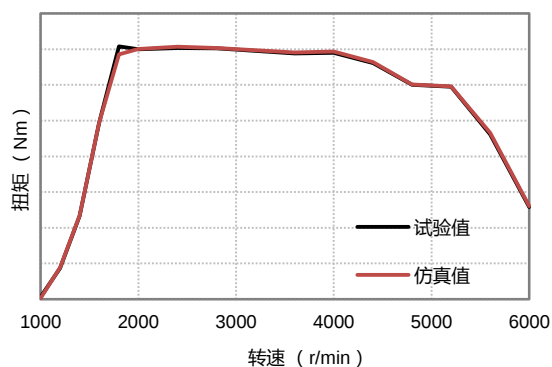
- 随着油耗法规的日益严格，米勒循环和阿特金森循环的应用越来越广泛；
- 低压缩比、高膨胀比是米勒循环和阿特金森循环的共同特点；
- 其不同点主要在于进气包角的大小；
- 由于充气效率的降低，发动机动力性有所下降。



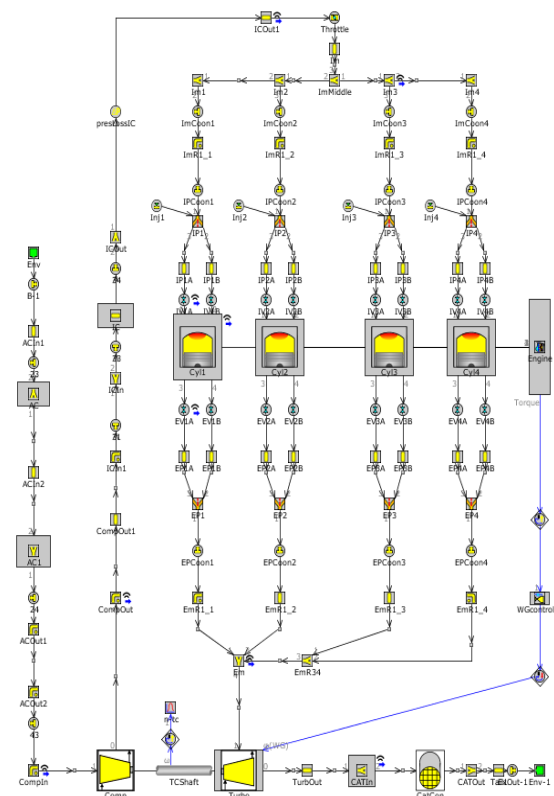
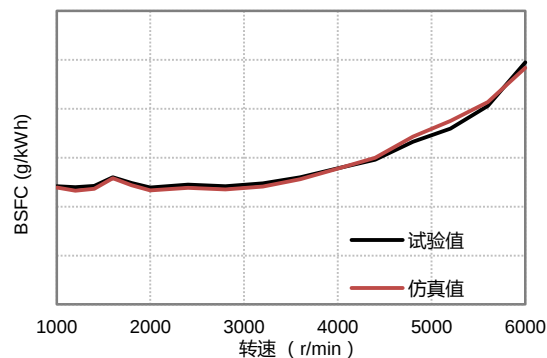


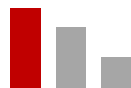
- 技术路线：阿特金森循环+涡轮增压；
- 压缩比：11.5；
- 汽缸数：4；
- 喷射方式：气道喷射；
- 配气正时：进/排气VVT。

发动机扭矩标定结果

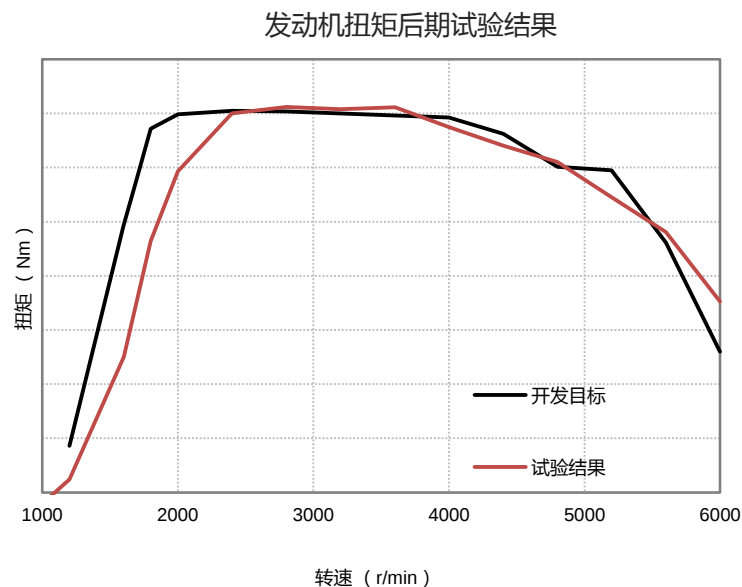
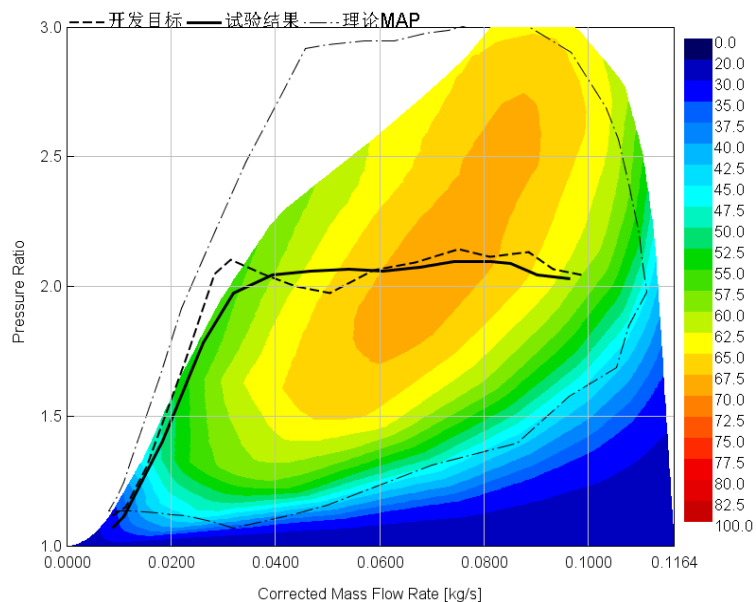


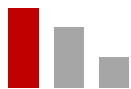
燃油消耗率标定结果



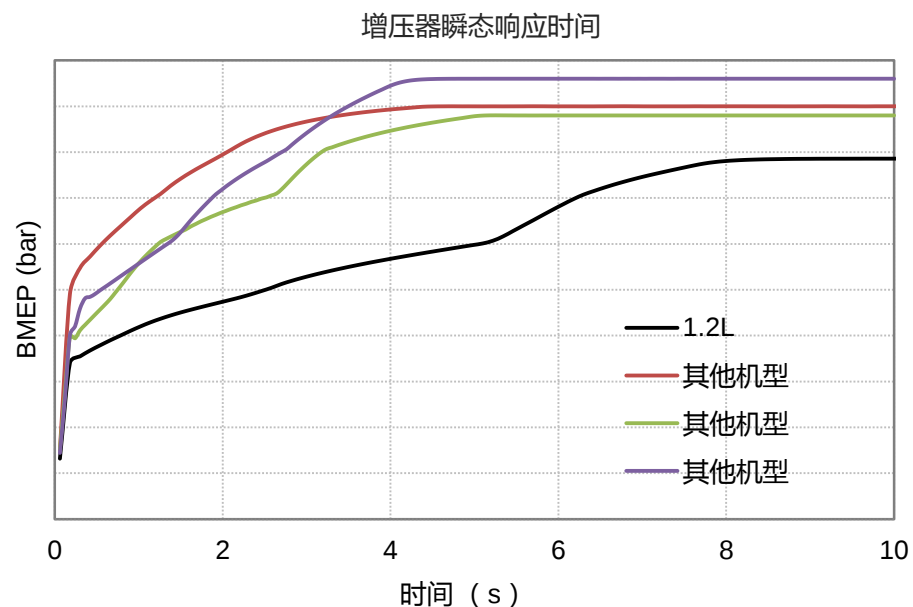


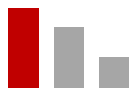
- 由于增压器质量问题，喘振线右移；
- 为避免喘振，降低发动机低速扭矩；
- 通过涡轮增压匹配，无法有效改善喘振裕度。



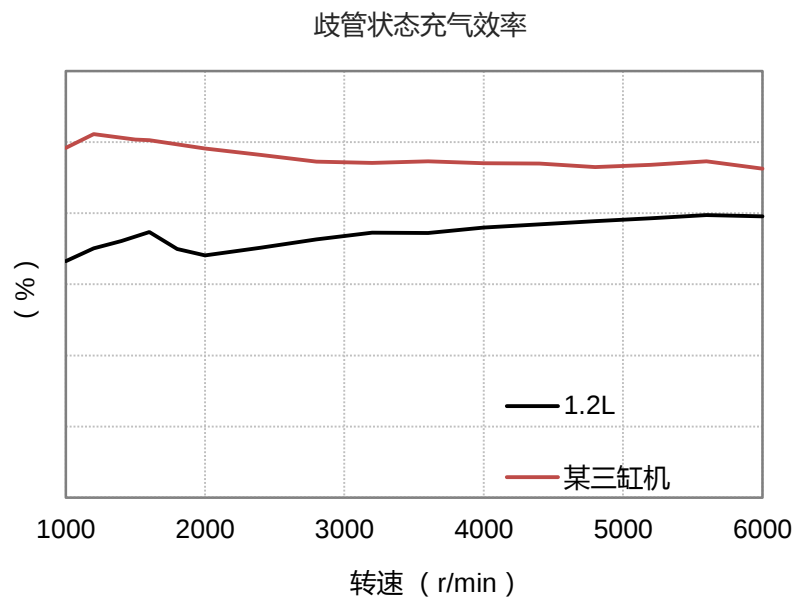
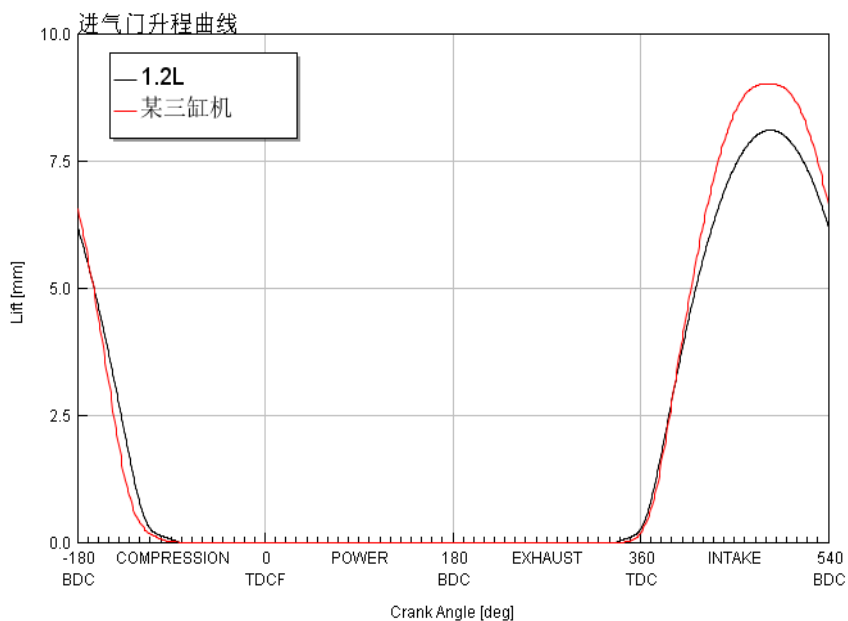


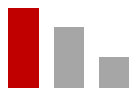
- 搭载整车表现为加速无力；
- 增压器响应时间（仿真）较长；
 - 发动机转速：2000r/min；
 - 初始BMEP：2bar。





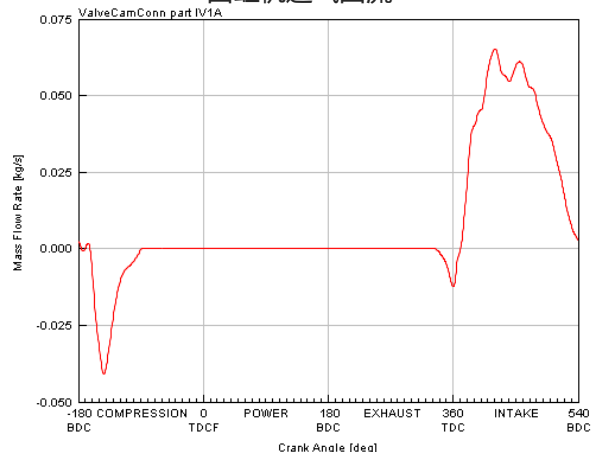
- 我司另有一款三缸机产品，进气型线与1.2L相似；
- 充气效率远高于1.2L发动机。



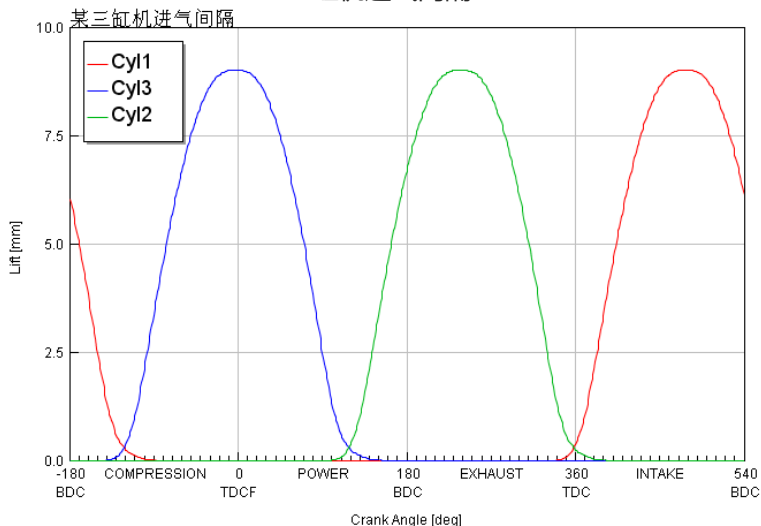


- 相似的进气型线表现出截然不同的充气效率；
- 三缸机使用大进气包角是为了增加进气时间，保证充足进气；
- 四缸机使用大进气包角是为了实现阿特金森循环，可能存在进气干扰，加剧进气回流现象，降低充气效率；
- 可以尝试使用米勒循环技术。

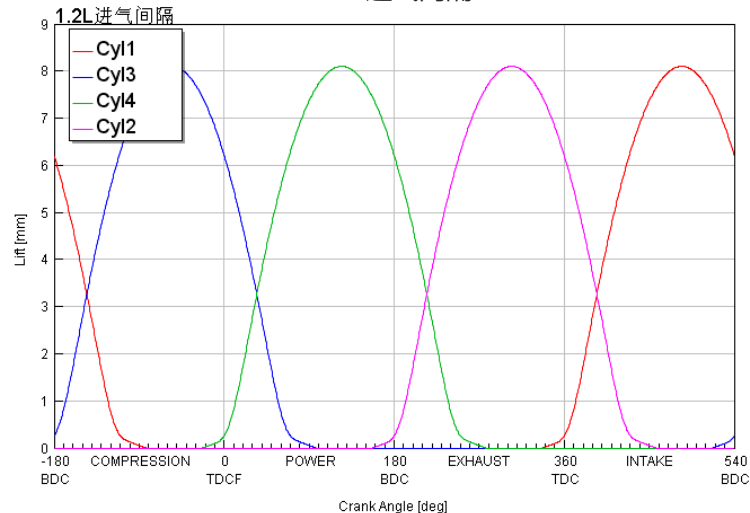
四缸机进气回流



三缸机进气间隔

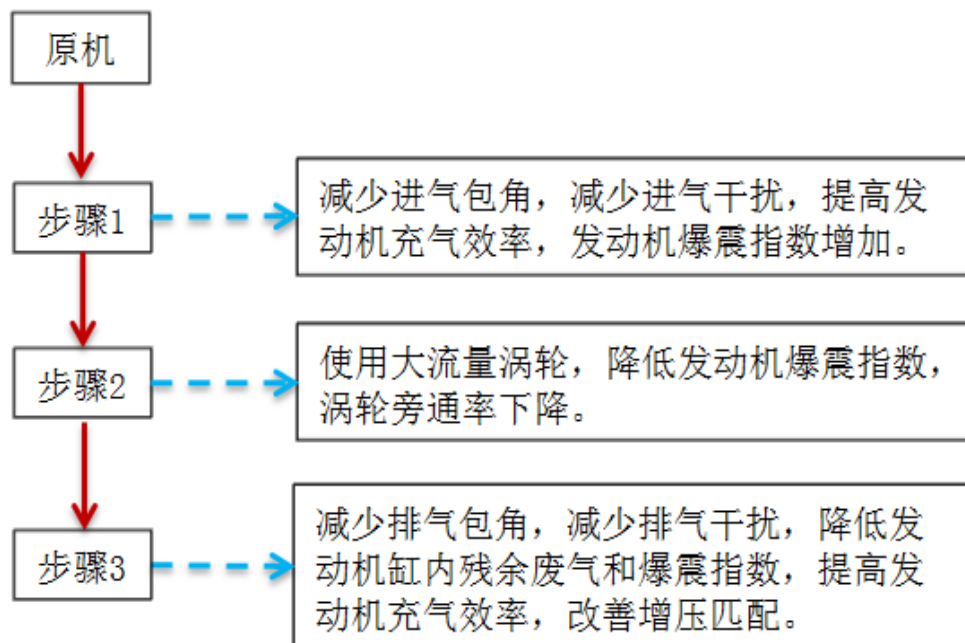


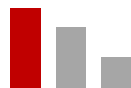
1.2L进气间隔



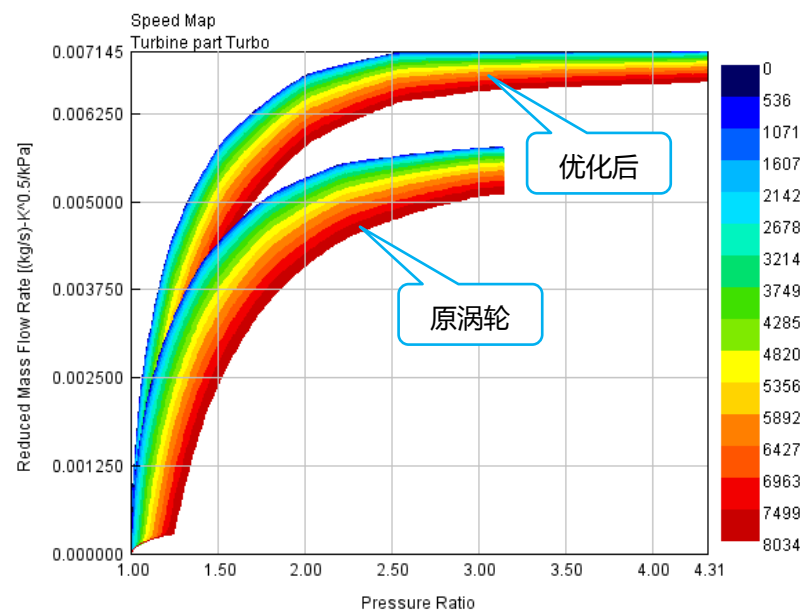
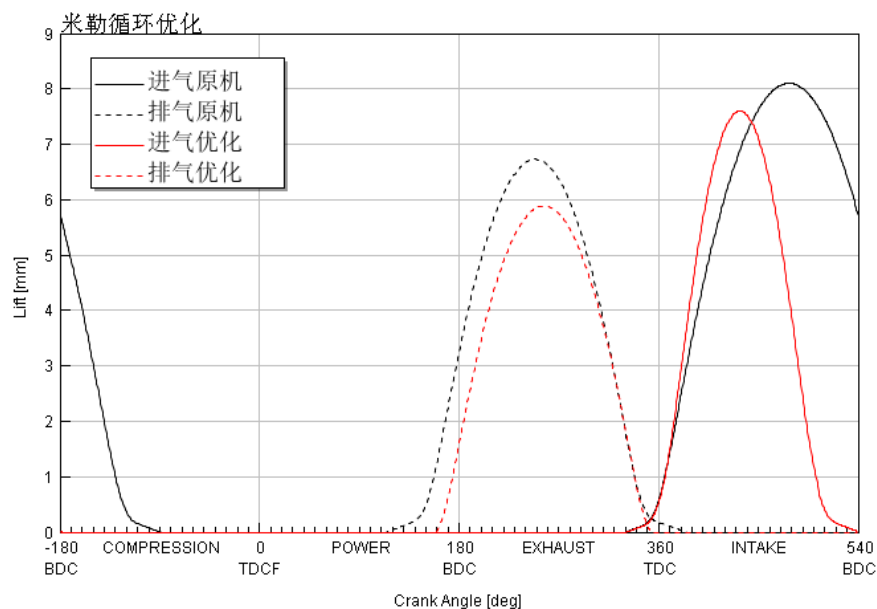


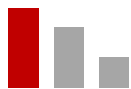
- 使用分步优化的方法进行优化；
- 使用米勒循环，随着进气效率的增加，发动机爆震指数有所增加；
- 基础机型在开发过程中，由于充气效率较低，为保证低速扭矩，使用了流量很小的涡轮；
- 基础机型的缸内残余废气也属于偏高水平，使用小排气包角，改善排气干扰，降低残余废气。





- 优化后，配气型线和涡轮如下图所示。

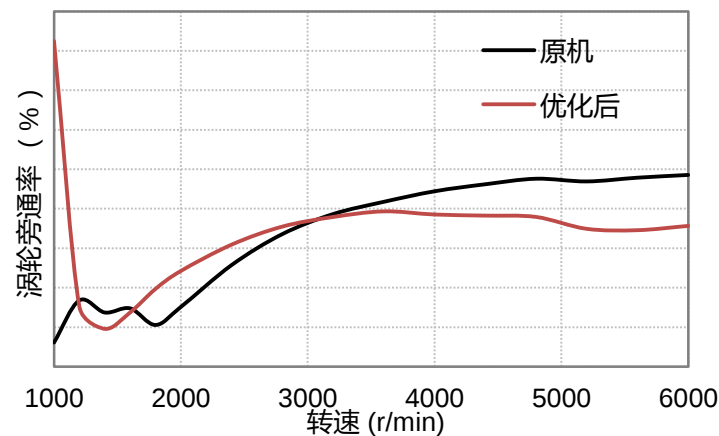
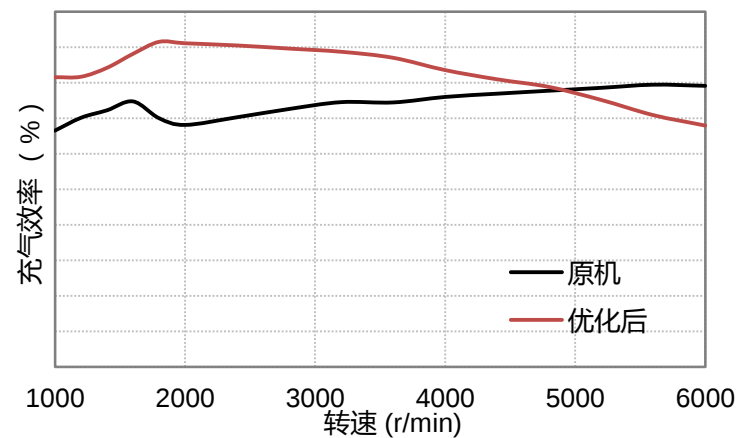
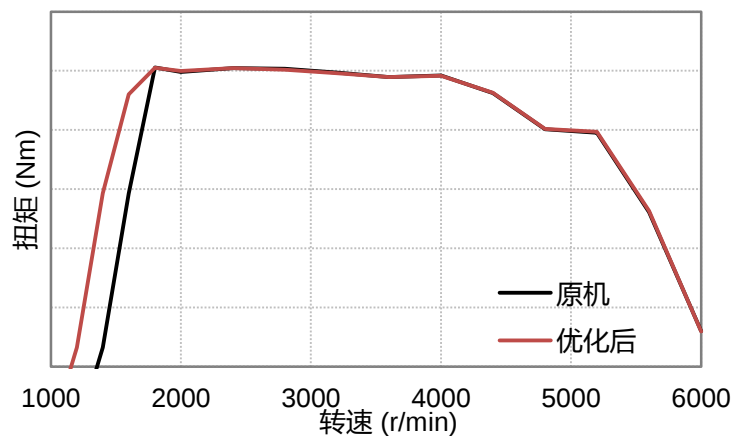


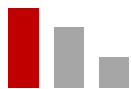


米勒循环优化

■ 优化后：

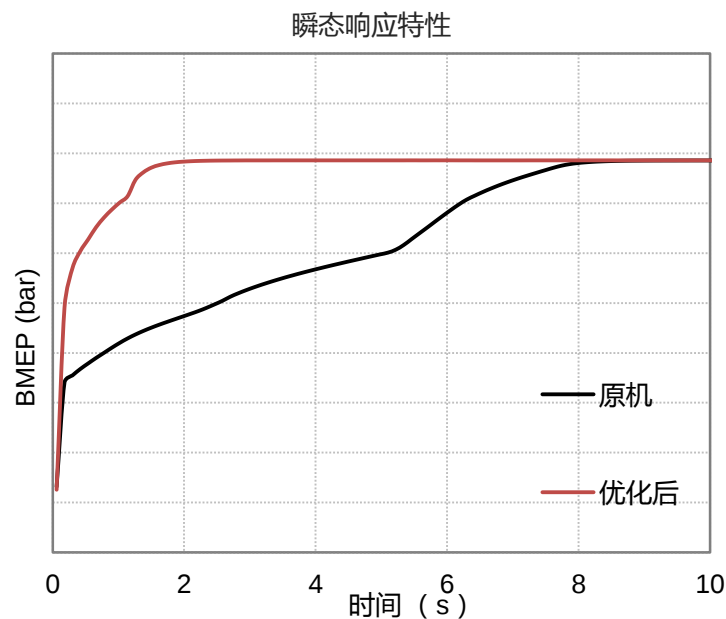
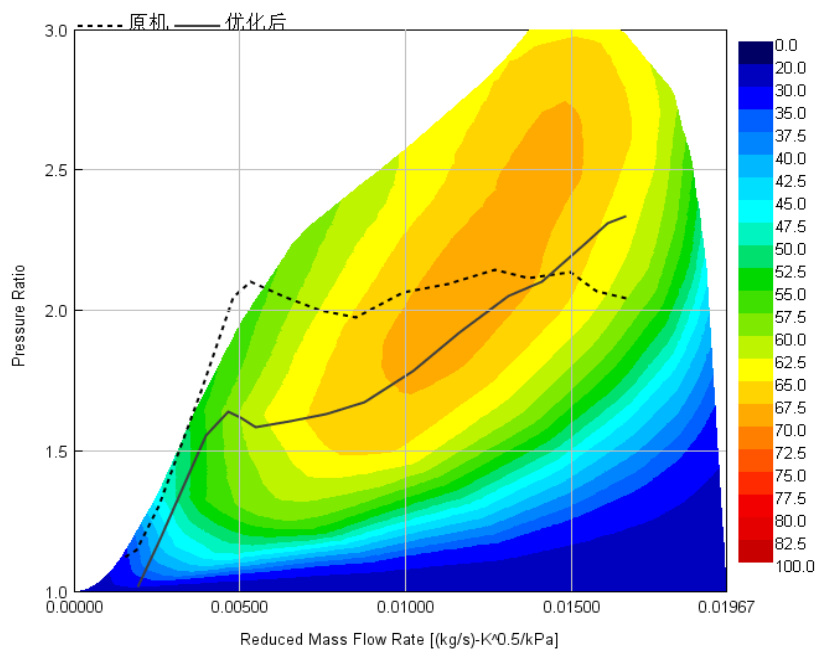
- 发动机低速充气效率明显提高，高速充气效率有所下降；
- 发动机低速扭矩有所改善；
- 涡轮旁通率不低于原机水平。

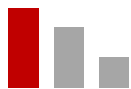




■ 优化后：

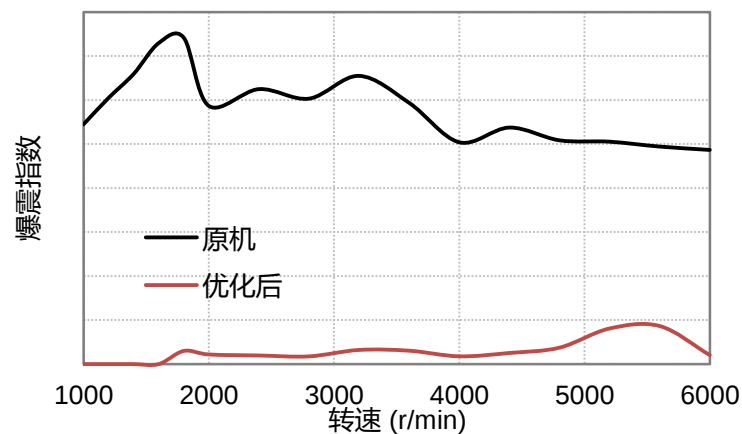
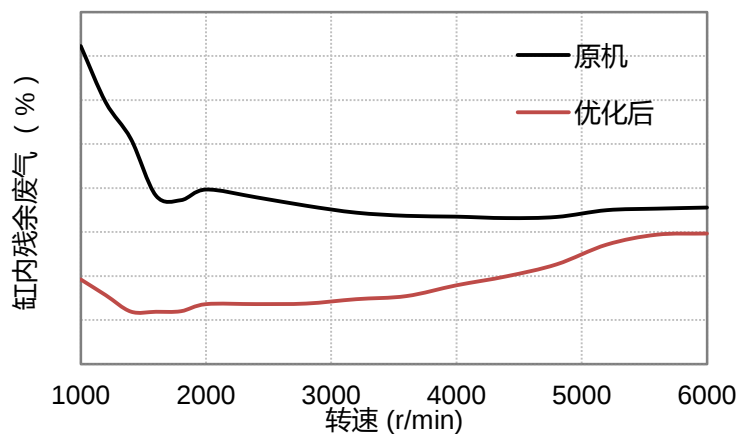
- 由于发动机低速充气效率的提高，低速增压比下降；
- 喘振裕度有所改善，高原裕度提高；
- 由于增压比下降，增压器瞬态响应特性有所改善。

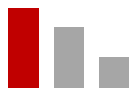




■ 风险及控制：

- 发动机爆震倾向无法准确预测，目前只能使用爆震指数进行定性分析；
- 爆震指数的下降主要得益于缸内残余废气的下降，其实际下降幅度，需要考虑缸内实际流动状态。



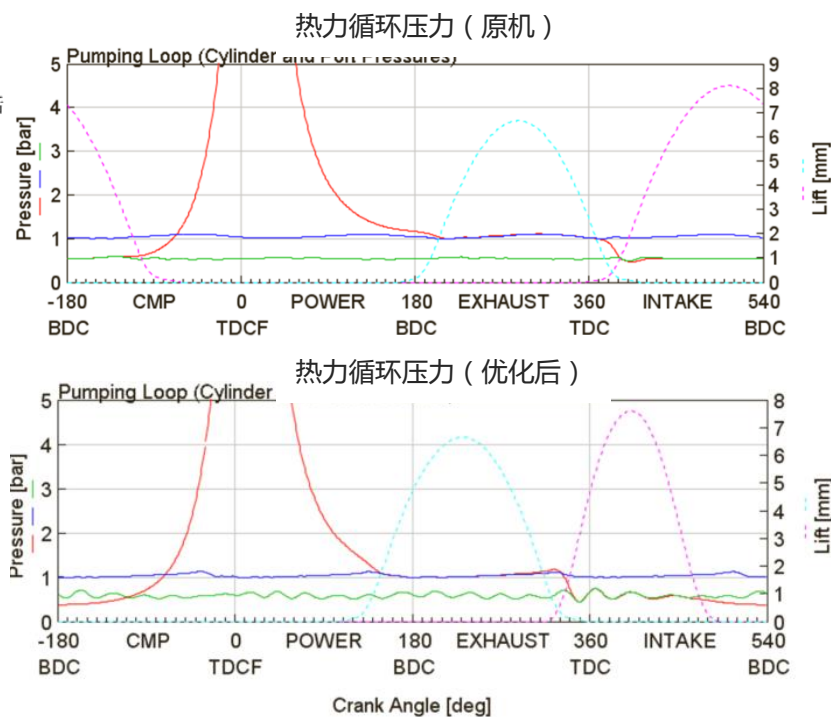
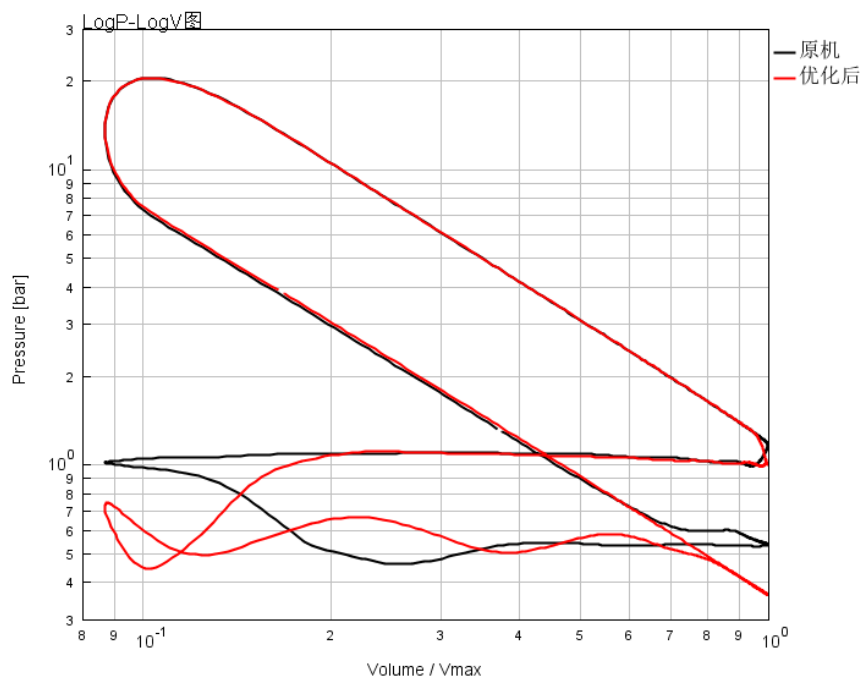


部分负荷油耗分析：

- 转速：2000 r/min；
- BMEP：2 bar。

	原机	优化后
BSFC (g/kWh)	100%	98.6%
PMEP (bar)	-0.51	-0.49
缸内残余废气 (%)	20.9	20.9

— Cylinder
— Exhaust
— Intake
- - - Lift-In
- - - Lift-Ex



- 阿特金森循环由于使用较大的进气包角，可能存在进气干扰，降低发动机低速充气效率，影响喘振裕度和低速响应特性；
- 使用米勒循环技术，可以避免进气干扰，改善发动机低速充气效率；
- 对于自然吸气发动机而言，使用较大的进气包角是为了保证发动机高速充分利用进气惯性，这与阿特金森循环的方向一致；
- 对于增压发动机而言，进气惯性的利用则不再重要，使用较小的进气包角是为了避免进气干扰，这与米勒循环的方向一致；
- 增压发动机更适宜使用米勒循环技术。

引领未来车生活



北京汽车
BAIC MOTOR

行有道·達天下
Your Wish · Our Ways

坚韧

执着

专注

极致