



中国一汽

基于物理模型的涡轮增压器 放气阀工作特性模拟

中国第一汽车股份有限公司技术中心

发动机性能开发室 王磊

本文仅供学习交流。未经FAW-CHINA许可，谢绝转载和其他用途。

1

简介

2

增压器物理模型

3

结果分析与讨论

4

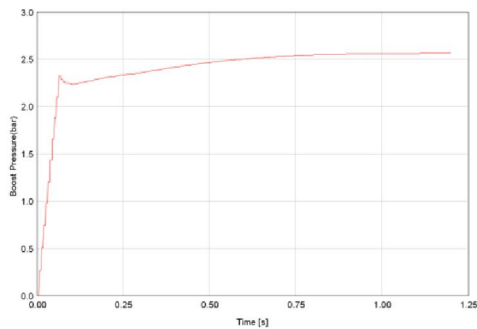
结论

本文仅供学习交流。未经 IDAJ-China 许可，谢绝转载和其他用途。

1. 简介

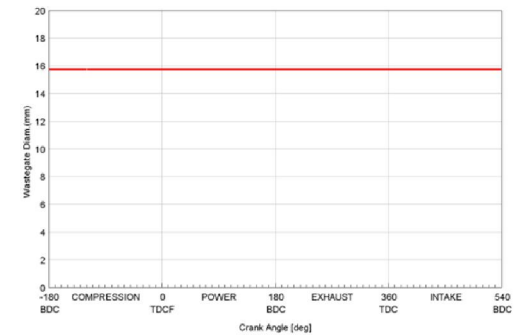
1.1 传统模拟方法

输入



PID

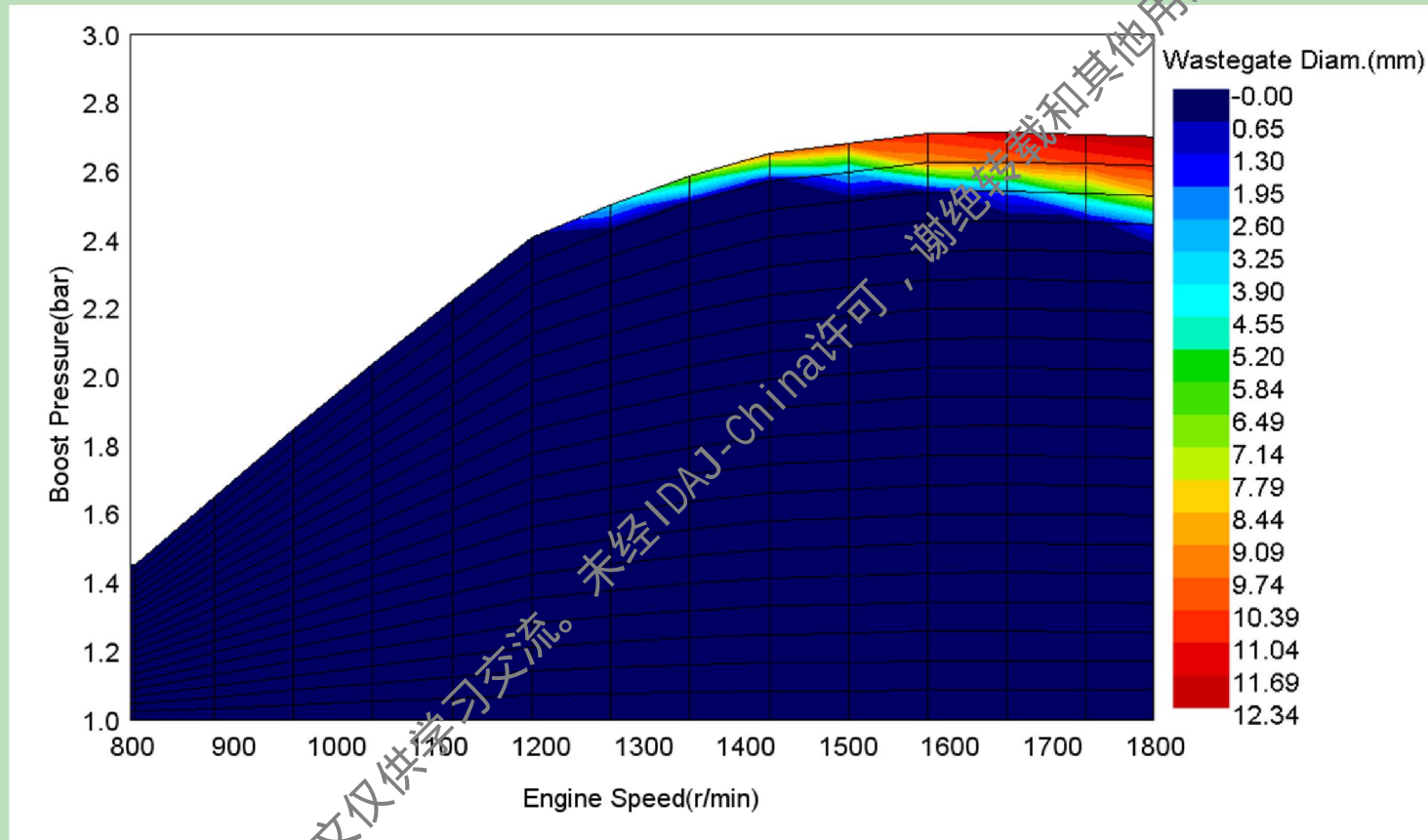
输出



■ 增压器传统模拟方法通过PID控制放气阀开度，采集的压气机出口压力是循环平均值，且放气阀的开度也是固定值。

1. 简介

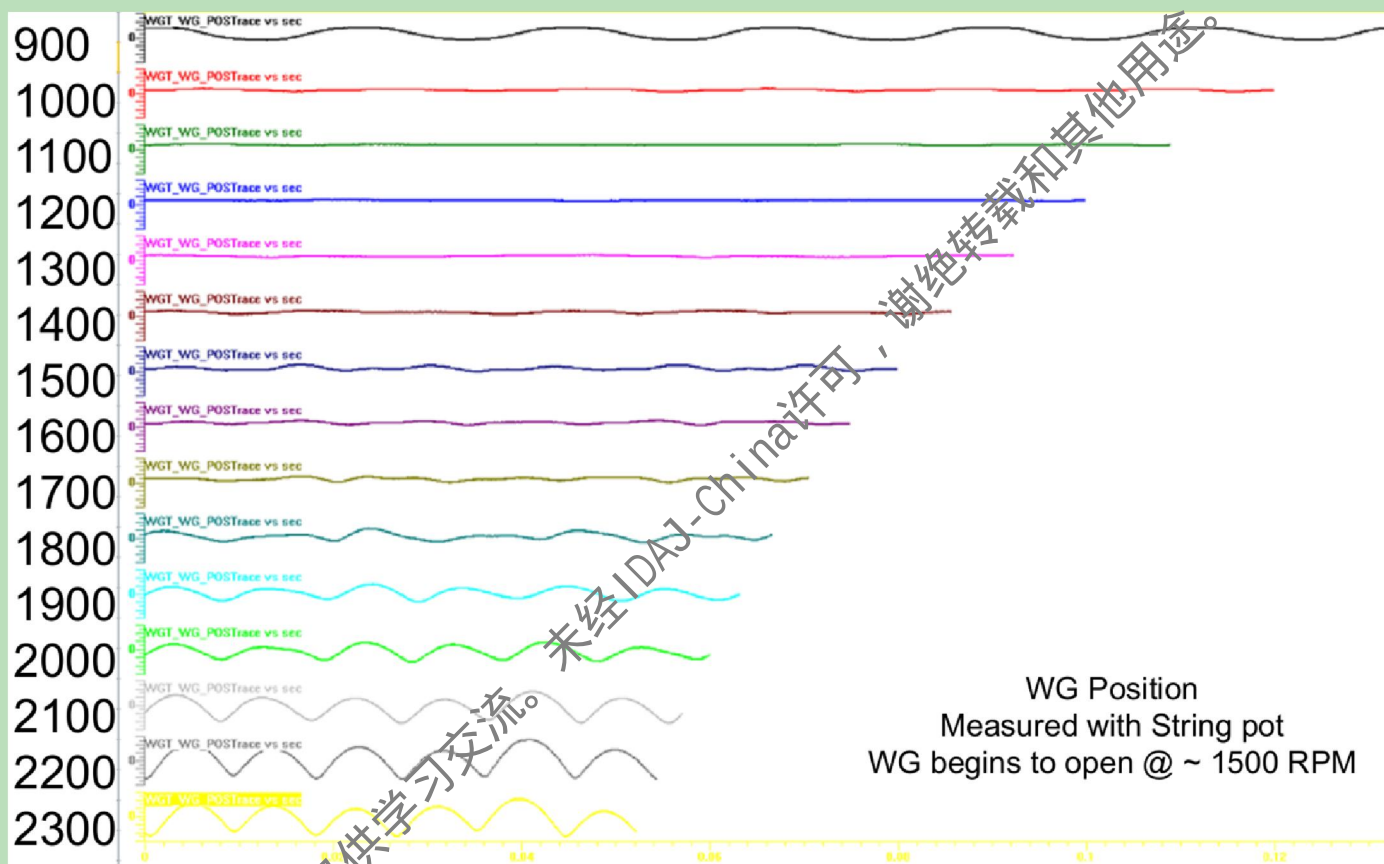
1.1 传统模拟方法



■ 传统模拟方法的压力目标值需要通过试验获取，导致模拟只能用于“再现”试验工况点，非试验工况点只能采用差值的方式获得废气阀的开度，不能预测试验工况。

1. 简介

1.2 增压器废气阀工作特性

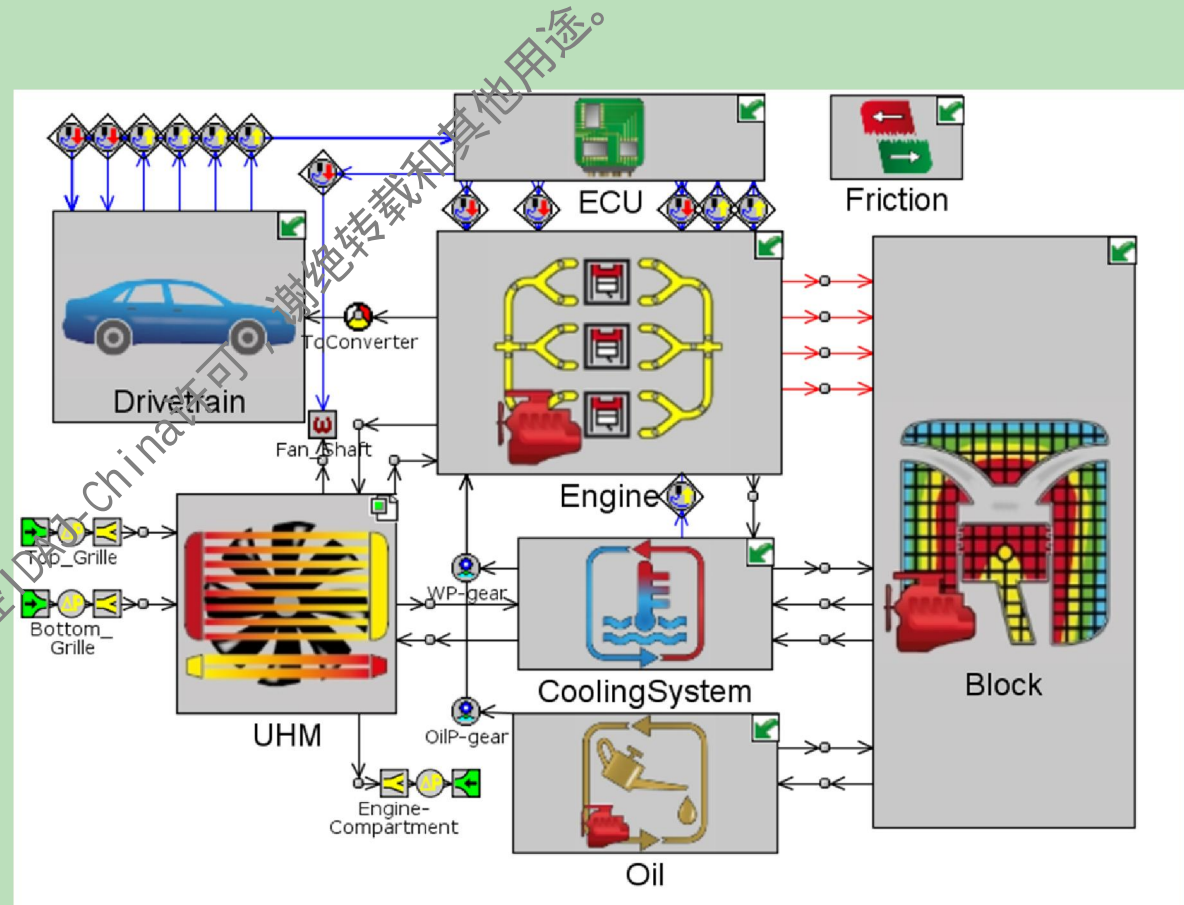


- 稳态工况下，每一个循环内发动机进排气压力均是处于波动中，尤其是增压器涡轮前的涡轮前压力波动非常大。当放气阀遇到压力波峰时，开度增加；而遇到压力波谷，开度则减少。
- 传统模拟方法并不能模拟该特性。

1. 简介

1.3 GT-Suite软件简介

- GT-SUITE车辆仿真软件可以用于车辆的动力性，燃油经济性以及排放性能的仿真，采用模块化的建模理念使得用户可以便捷的搭建不同配置的车辆模型，具有复杂完善的求解器，确保计算的快速完成传统模拟方法并不能模拟该特性。
- GT-SUITE车辆仿真的一个典型应用是对车辆传动系统和发动机的开发，它可以计算并优化车辆的燃油经济性，排放性，动力性（原地起步加速能力、超车加速能力），变速箱速比、制动性能等，也可以利用内置的优化、DOE功能进行参数优化



1

简介

2

增压器物理模型

3

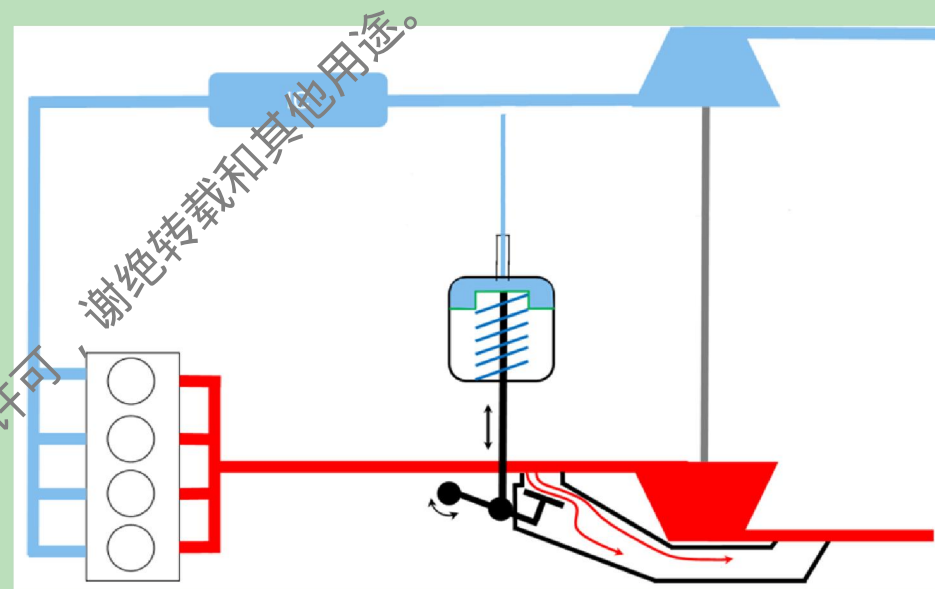
结果分析与讨论

4

结论

本文仅供学习交流。未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

2.1 废气旁通阀的工作原理

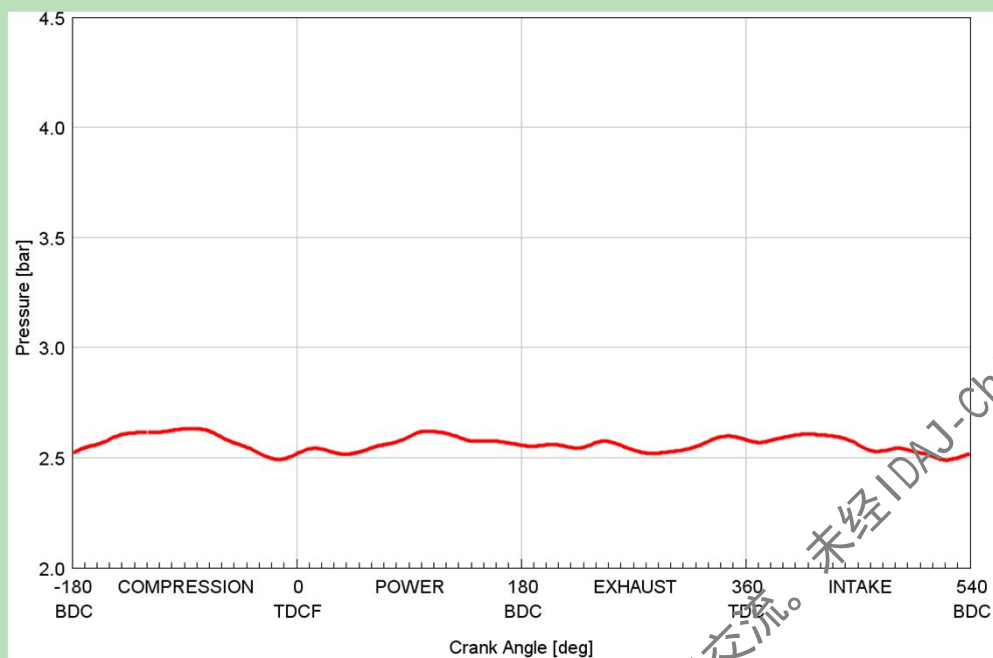


8

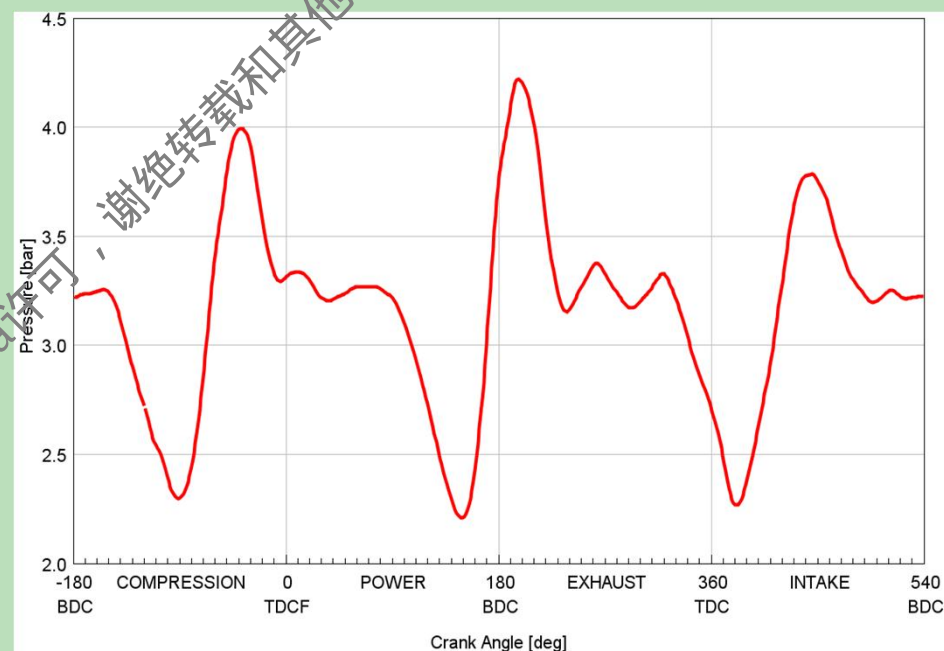
2. 增压器物理模型

2.1 废气旁通阀的工作原理

进气压力



排气压力

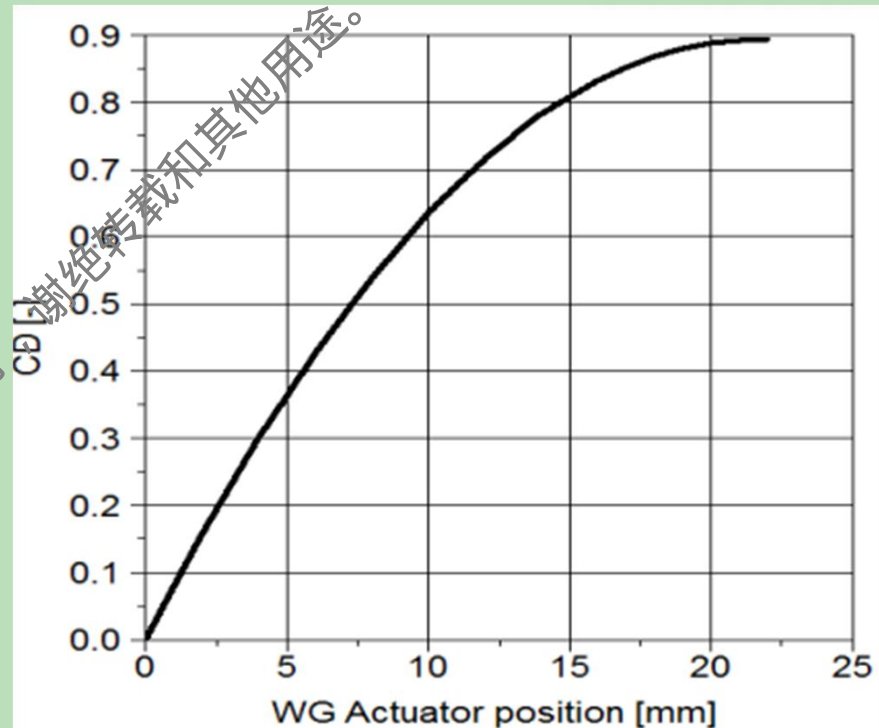


■ 当发动机工作在大负荷（尤其是外特性）时，进气压力以及排气压力均比较大，高压腔的推力以及推杆的拉力之和克服弹簧弹力推动阀片打开，发动机部分废气不经过涡轮直接流出。当发动机工作在低负荷或者低速时，高压腔的推力以及推杆的拉力之和不足以克服弹簧弹力推动阀片，放气阀保持关闭状态，发动机所有废气都经过涡轮进行做功。

2. 增压器物理模型

2.2 物理模型的相关参数

参数	单位	数值	备注
放气阀流量系数	—	—	参考相关文献
放气阀阀片面积	mm ²	572	厂商可以提供
低压腔侧膜片表面有效面积	mm ²	980	厂商可以提供
低压腔容积	mm ³	18333	厂商可以提供
高压腔侧膜片表面有效面积	mm ²	980	厂商可以提供
高压腔容积	mm ³	51029	厂商可以提供
膜片质量	g	5	厂商可以提供
膜片最大位移	mm	10	厂商可以提供
膜片与弹簧底座之间的阻尼系数	N·s/m	25	比较困难获得
弹簧刚度	N/mm	7	厂商可以提供
弹簧预紧力	N	220	厂商可以提供
转动惯量	kg·mm ²	50	比较困难获得
阀片最大转动角度	deg	38.6	厂商可以提供
杆长度 L1 (如图 2)	mm	16	厂商可以提供
杆长度 L2 (如图 2)	mm	16	厂商可以提供



- 大多数参数可以通过增压器厂商获得
- 放气阀的流量系数需要额外的手段获得，比如获得放气阀的流量系数比较可靠的方法是采用CFD计算获得，
- 由于增压器放气阀结构相差不大，而且流量系数主要受结构形式，尺寸变化对其影响不大，所以本文直接采用Jens.等人通过CFD计算获得流量系数。

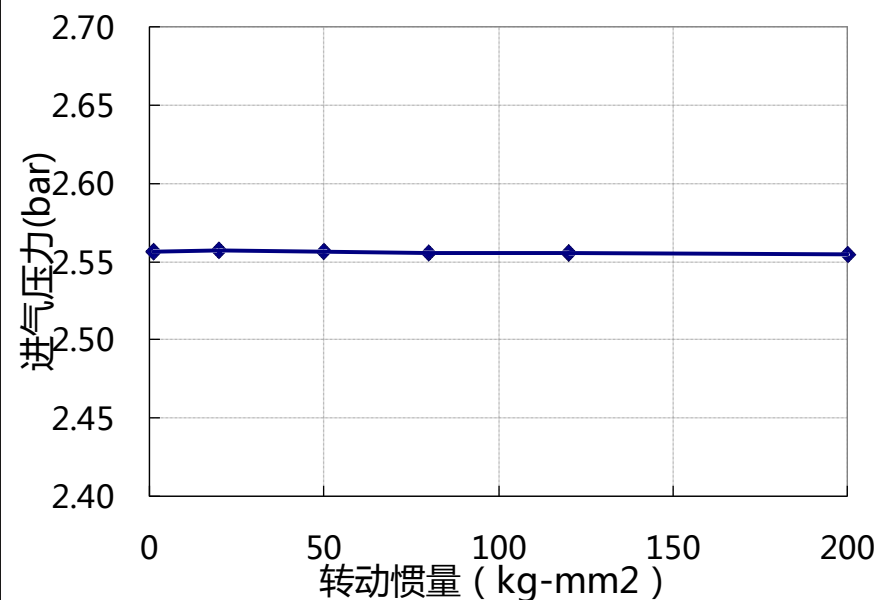
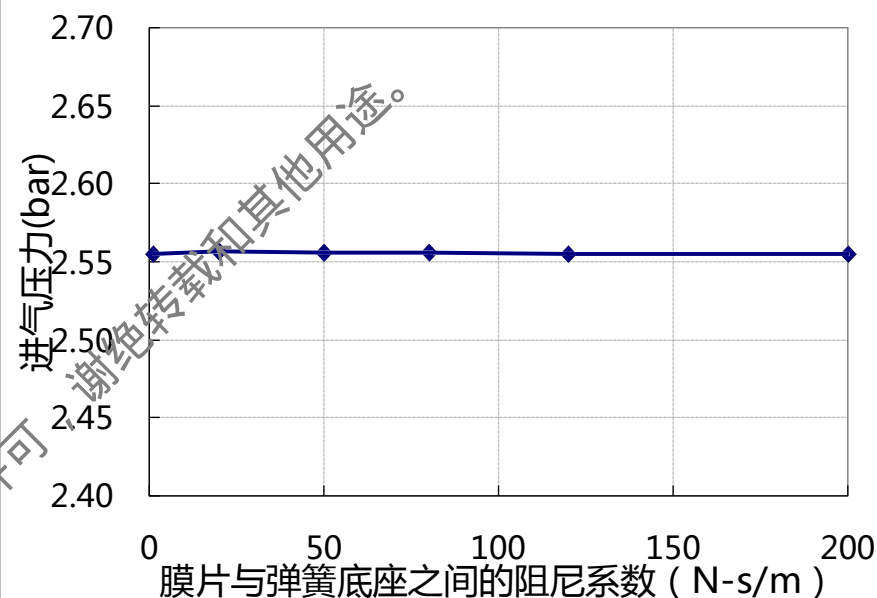


2. 增压器物理模型

2.2 物理模型的相关参数

参数	单位	数值	备注
放气阀流量系数	-	-	参考相关文献
放气阀阀片面积	mm ²	572	厂商可以提供
低压腔侧膜片表面有效面积	mm ²	980	厂商可以提供
低压腔容积	mm ³	18333	厂商可以提供
高压腔侧膜片表面有效面积	mm ²	980	厂商可以提供
高压腔容积	mm ³	51029	厂商可以提供
膜片质量	g	5	厂商可以提供
膜片最大位移	mm	10	厂商可以提供
膜片与弹簧底座之间的阻尼系数	N-s/m	25	比较困难获得
弹簧刚度	N/mm	7	厂商可以提供
弹簧预紧力	N	220	厂商可以提供
转动惯量	kg-mm ²	50	比较困难获得
阀片最大转动角度	deg	38.6	厂商可以提供
杆长度 L1 (如图 2)	mm	16	厂商可以提供
杆长度 L2 (如图 2)	mm	16	厂商可以提供

■ 膜片与弹簧底座之间的阻尼系数和转动惯量比较难获得的参数，但是这两个参数对增压器性能以及进气压力影响并不明显



1

简介

2

增压器物理模型

3

结果分析与讨论

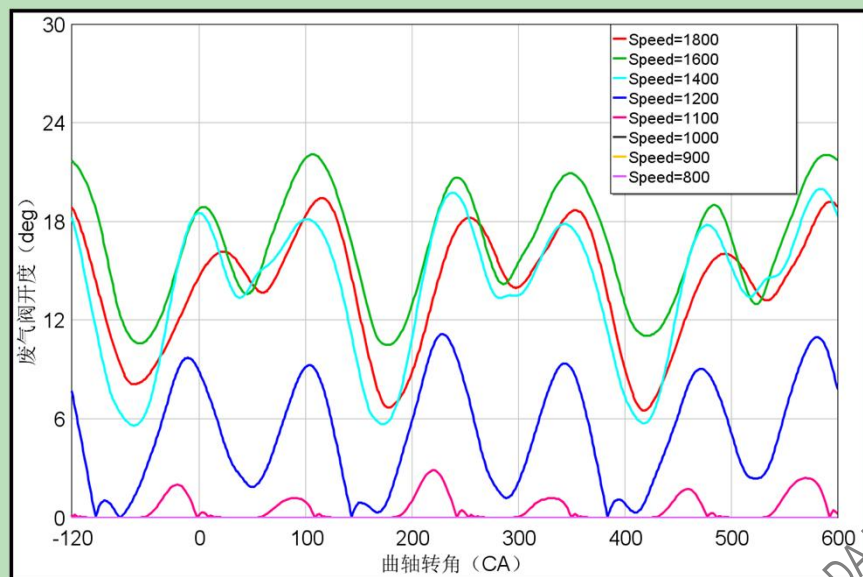
4

结论

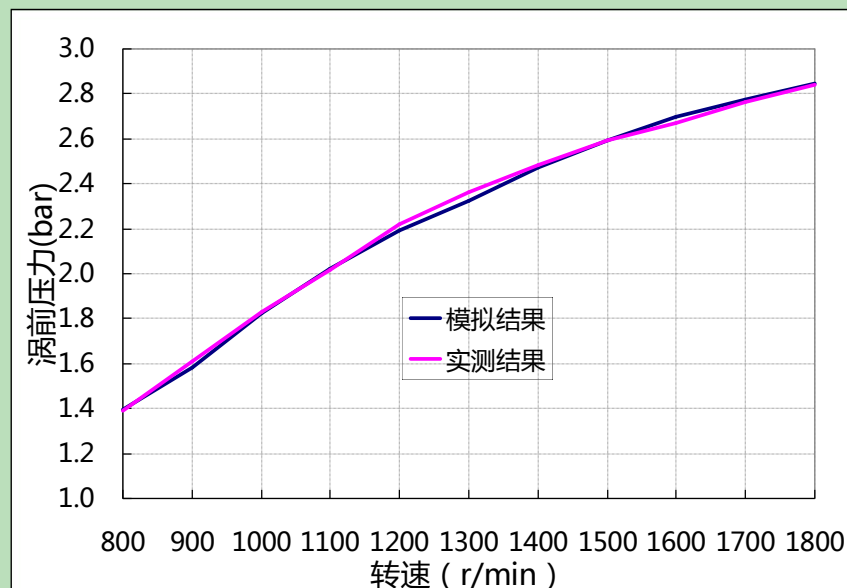
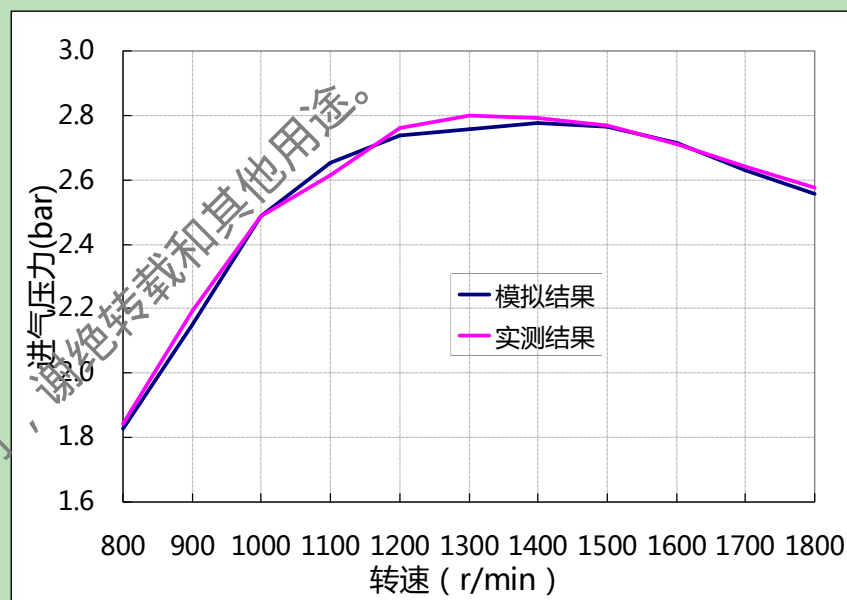
本文仅供学习交流。未经 IDAJ-China 许可，谢绝转载和其他用途。

3. 结果分析与讨论

3.1 外特性工作特性

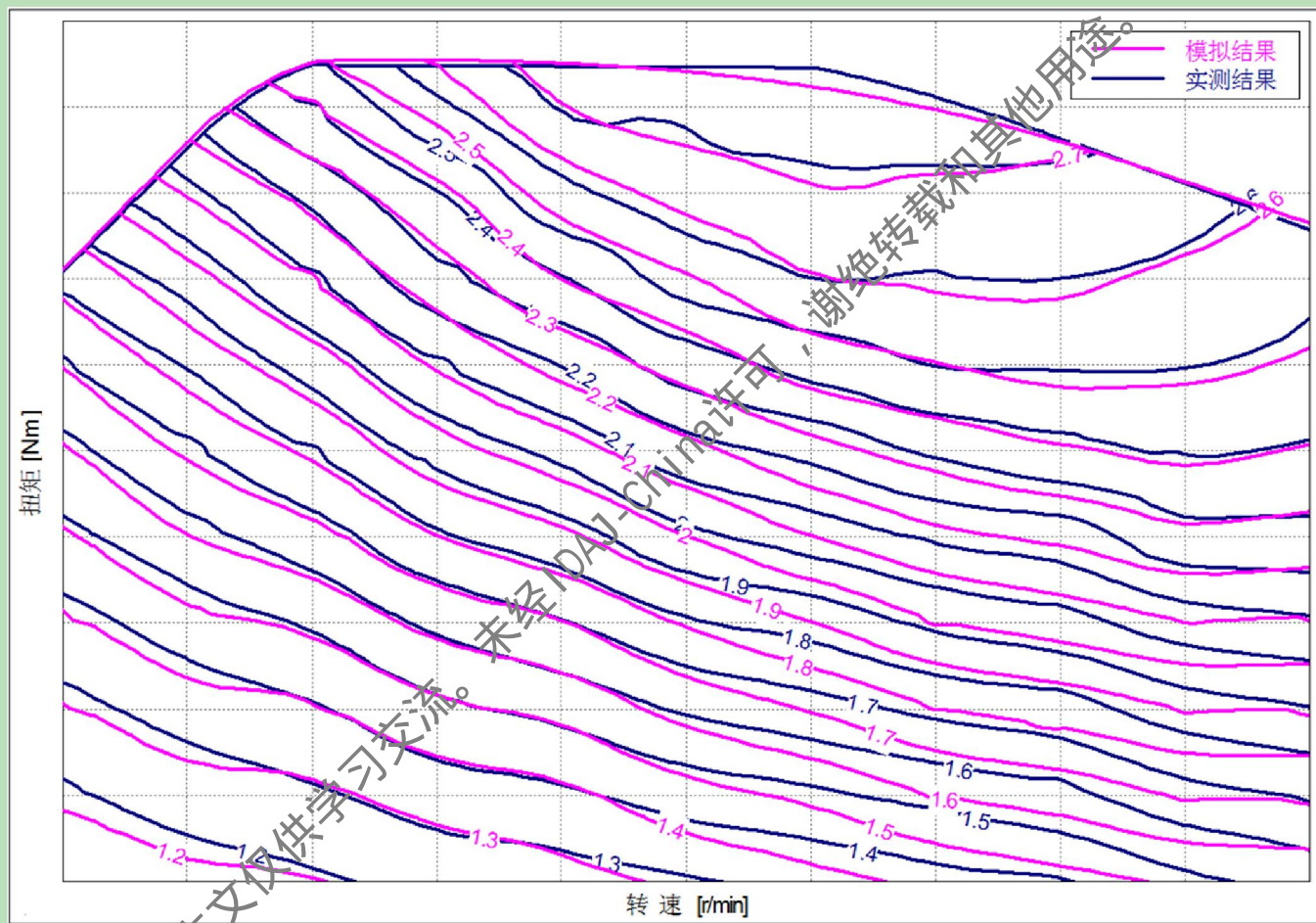


- 一个循环内增压器放气阀片开启角度处于波动当中
- 基于物理模型的放气阀式涡轮增压器能够非常准确地预测外特性各点进气压力以及涡轮前压力。
- 发动机转速为1100r/min全负荷点时，放气阀受压力波动的影响时而开启时而关闭。转速低于1100r/min全负荷点放气阀一直处于关闭状态，转速高于1100r/min全负荷点放气阀处于开启状态。



3. 结果分析与讨论

3.2 万有特性结果



- 部分负荷下发动机进气压力与实测结果吻合非常好，说明此基于物理模型的放气阀式增压器模型能够用于预测所有工况点的进气状态。

1

简介

2

增压器物理模型

3

结果分析与讨论

4

结论

本文仅供学习交流。未经 IDAJ-China 许可，谢绝转载和其他用途。

4. 结论

- 通过分析放气阀式涡轮增压器的工作原理以及利用增压器厂商提供的参数，可以建立了基于物理模型的放气阀式涡轮增压器模型。
- 该模型分析调节器膜片所受的弹簧弹力、高压腔的推力以及推杆拉力相互作用所处的平衡状态，确定阀片的开度
- 基于物理模型的放气阀式涡轮增压器模型能够捕捉循环内放气阀片开启角度的波动情况。
- 通过将进气压力、涡前压力的模拟结果与试验结果的对比，发现该模型的模拟结果与实验结果吻合非常好，因此该模型可准确预测发动机进气状态



关爱自然 服务社会

CARE THE NATURE AND SERVE THE SOCIETY

——让汽车更清洁 更节能

Contribute cleaner and more energy saving vehicles

