



Your True Partner for  
**CAE**  **CFD**  
**ICSC2016**

IDA J CAE  
Solution  
Conference



# 排气系统参数对某PFI汽油机性能影响研究



上海汽车集团股份有限公司技术中心

演讲人: 王莹臻

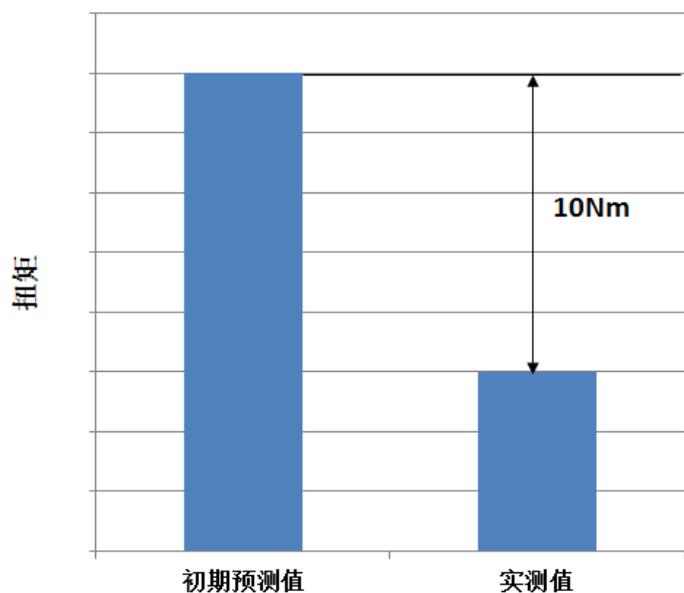
2016年11月23日

# 目录

- 问题描述和分析
- GT-Power模型建立及标定
- 排气系统参数研究
- 理论分析
- 试验验证
- 排气系统优化方案设计
- 结论

# 问题描述

■某气道喷射自然吸气汽油机，在性能开发试验过程中发现，在某低速转速下，充气效率较低，扭矩低于开发初期性能预测值，差距较大，且该试验状态下扭矩为VVT扫描后的最优值。



# 问题分析

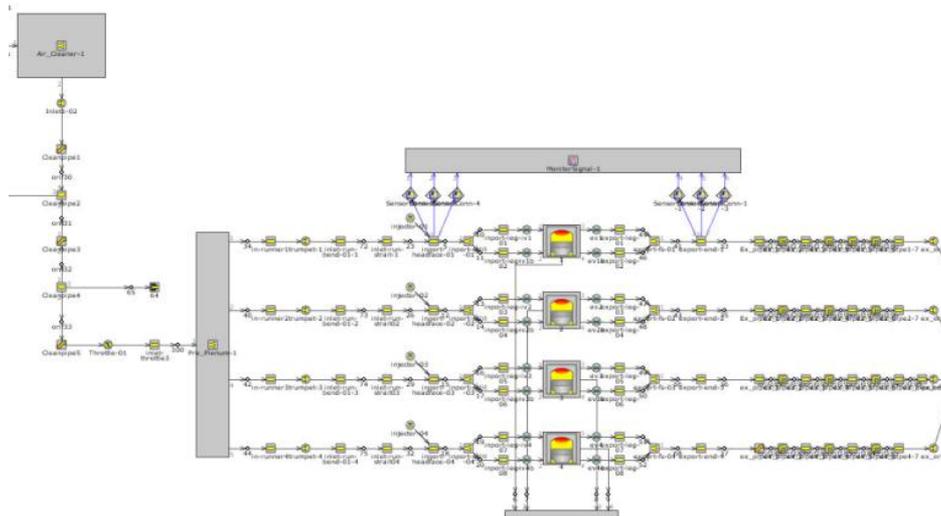
## ■自然吸气发动机的充气效率提升:

- ✓降低进、排气流动阻力;
- ✓减小对进气充量的加热;
- ✓优化凸轮型线, 采用VVT等可变配气系统;
- ✓合理利用进、排气谐振, 优化进、排气管道长度、直径, 采用可变进气歧管等。

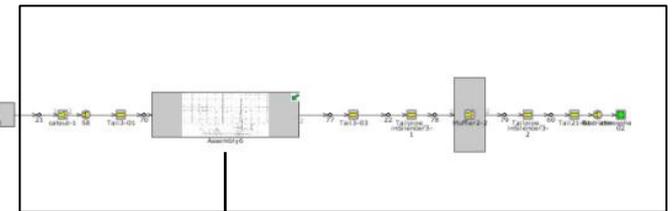
■比较开发初期预测模型采用的进、排气系统状态和台架试验状态, 发现排气系统有很大变化。



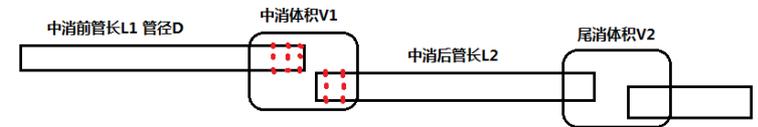
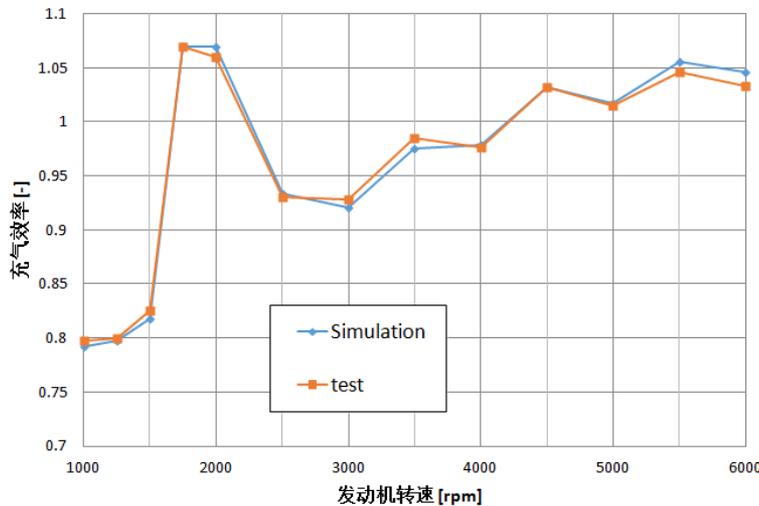
# GT-Power模型建立及标定



排气系统



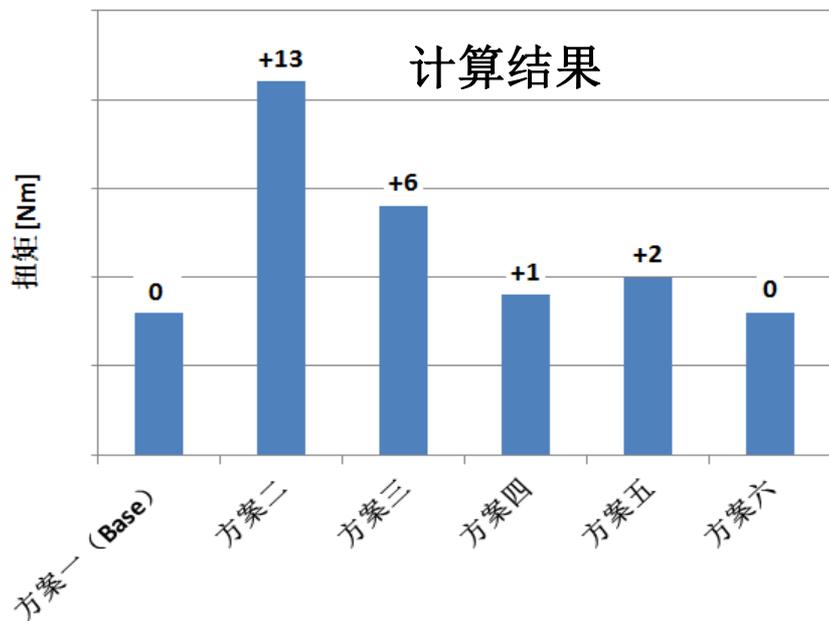
中消采用GEM3D将3D CAD模型转化为1D模型，需反应内部管道插入、打孔等情况





# 排气系统参数研究

	中消前管长 [mm]	中消前管径 [mm]	中消后管长 [mm]	中消体积 [L]	尾消体积 [L]
方案一 (Base)	L1	D	L2	V1	V2
方案二	增大L1	D	L2	V1	V2
方案三	L1	减小D	L2	V1	V2
方案四	L1	D	增大L2	V1	V2
方案五	L1	D	L2	减小V1	V2
方案六	L1	D	L2	V1	减小V2



- ✓ 中消前管长、管径对扭矩影响较大；
- ✓ 中消后管长、尾消体积对扭矩影响非常小；
- ✓ 中消体积减小可使扭矩略有提升，但会影响排气噪声，因此在后续排气系统方案设计中不考虑。

# 理论分析

## ■ 管道中压力波传播理论

- ✓ 压力波是可压缩弹性介质中状态扰动的传播。
- ✓ 状态扰动是指介质中压力、速度等状态参数的瞬间变化。
- ✓ 例如，进、排气门开关过程中，气门端会出现速度及压力的变化，此变化将以一定的速度向管的另一端传播，所到之处也产生相同性质的状态变化，此即压力单波的传播。
- ✓ 压力单波传到另一管端，由于管端边界条件（管端封闭、全开口或管径变化等）的限制，又会产生反向传播的压力单波。
- ✓ 于是，在整个流动过程中，管道内任意点、任意时刻都有正反两个方向的某个压力单波到达。两波扰动的合成，确定了该点、该时刻的状态变化，再叠加该点的原状态，就决定了该点、该时刻的状态。
- ✓ 压力单波传到之处，其效果使该处压力上升，则这种压力单波被称**压缩波**。反之，使该处压力下降的压力单波被称为**膨胀波**。
- ✓ 若管道中某点在压力波传到之时已具有流速 $v$ ，当地音速为 $a$ ，则压力波的传播速度为： $v \pm a$

# 理论分析

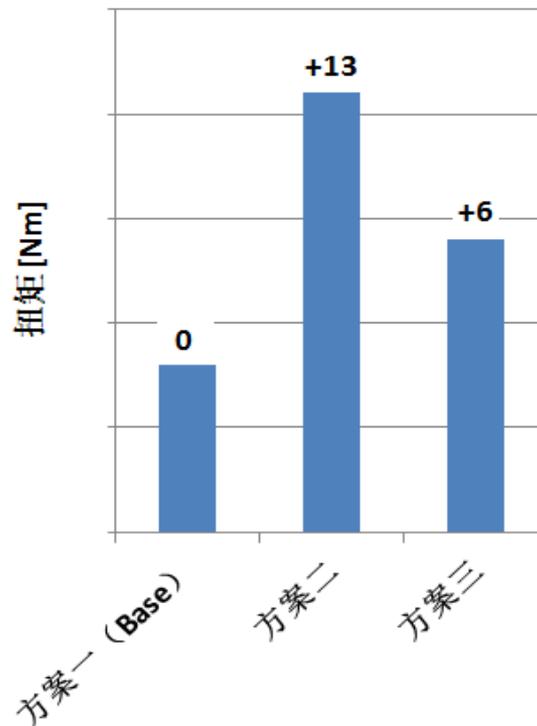
- 排气门开启时，产生压缩波，传播至中消处管端，返回膨胀波。中消前管长增长，使压力波传播路径增长，返回的膨胀波刚好在气门重叠时到达，使得排气压力降低，缸压随之降低，进气压力与缸压间压差增大，从而增大了充气效率。
- 减小管径，使气流速度增大，返回的膨胀疏波速度减小，与增加管长有类似效果。



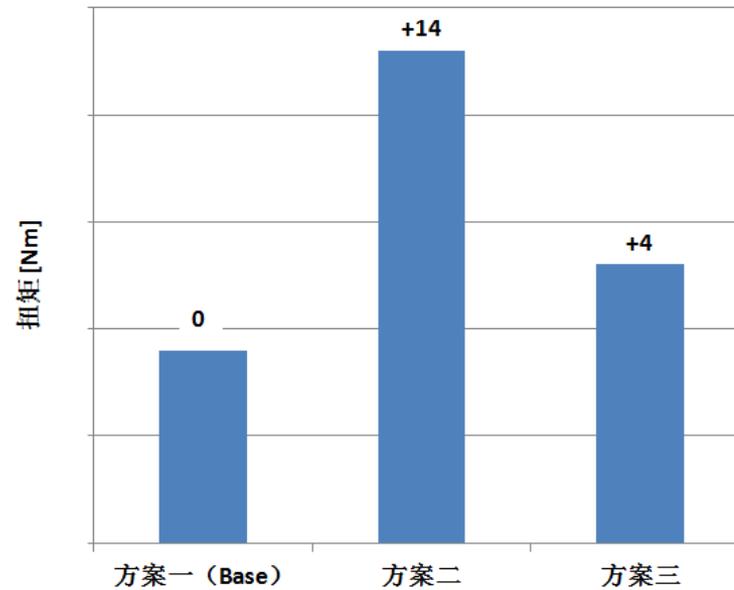
# 试验验证

	中消前管长 [mm]	中消前管径 [mm]	中消后管长 [mm]	中消体积 [L]	尾消体积 [L]
方案一 (Base)	L1	D	L2	V1	V2
方案二	增大L1	D	L2	V1	V2
方案三	L1	减小D	L2	V1	V2

计算结果

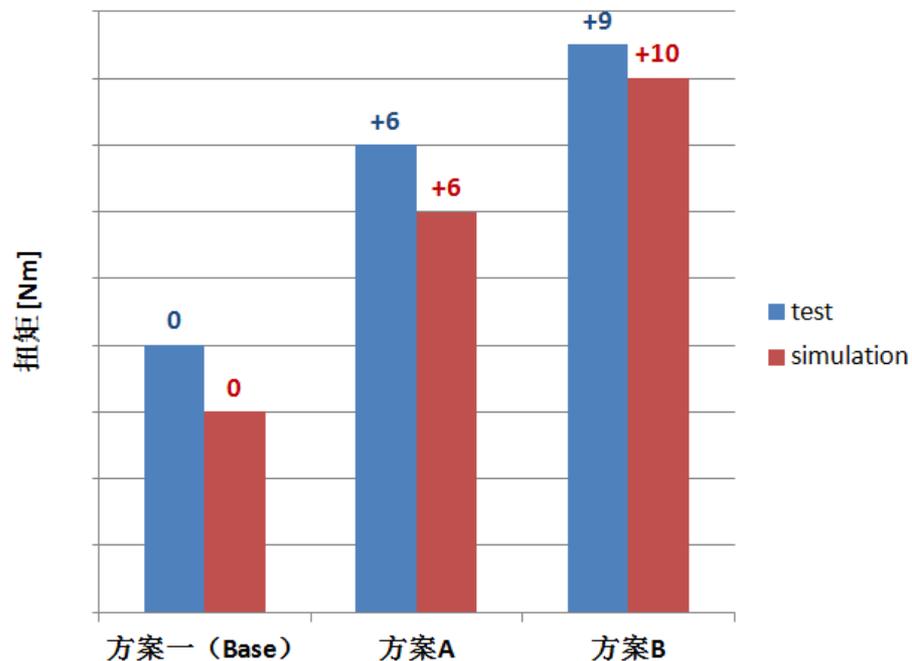


试验结果



# 排气系统优化方案设计

- 由于减小中消前管径会明显增大排气背压，使得高速功率略有降低。故在实际情况中考虑增大管长的方案。
- 由于排气系统布置原因，中消仅可后移25mm，故考虑减少中消入口管打孔数目，同样可以达到增大打孔段之前管长的效果。
- 为确保消音效果，中消内增加一根打孔管，设计方案A和B，方案A和方案B的打孔段长度和打孔数目不同。



# 结论

- 自然吸气发动机，可以利用排气谐振效应，减小排气阶段的排气门端压力，从而增大充气效率，提升扭矩。
- 本文研究的PFI自然吸气汽油机在优化排气系统后，经台架试验验证，扭矩可提升约9Nm，基本满足设计目标。

感谢聆听！