



2019 IDAJ 中国CAE/MBD技术年会
基于可变气门正时策略的
双燃料均质压燃发动机研究

梁昕

2019年11月



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



个人简介



梁 昕

- ◆ 上海交通大学，硕士研究生
- ◆ 动力工程及工程热物理系，
内燃机研究所
- ◆ 主要研究方向为先进燃料燃烧优化及发动机燃烧控制

1

背景介绍

2

研究方法

3

结果与讨论

4

结论



上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

1

背景介绍

2

研究方法

3

结果与讨论

4

结论



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

背景介绍

内燃机发展需求
↓
提升效率和降低排放
↓
先进燃烧策略
↓
均质压燃 (HCCI)

柴油机



优点：热效率高

缺点：NO_x、Soot排放高

汽油机



优点：Soot排放低

缺点：热效率较低，存在爆震

HCCI

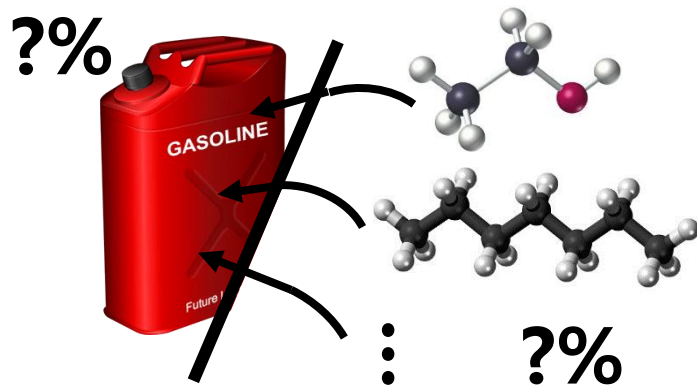


优点：NO_x、Soot排放低，热效率高

缺点：燃料燃烧过程不易控制，运行范围受限

背景介绍

优化方法



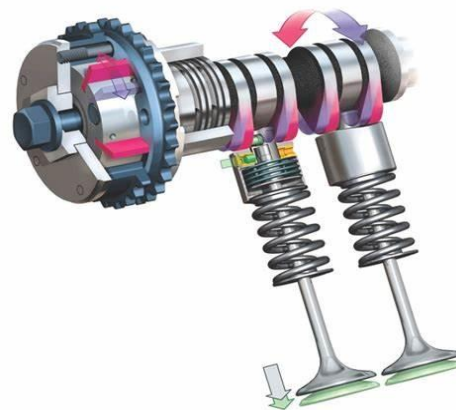
燃料燃烧控制



灵活燃料选取



改善自燃特性



进气控制



可变气门正时策略



调节混合气的形成过程

1

背景介绍

2

研究方法

3

结果与讨论

4

结论

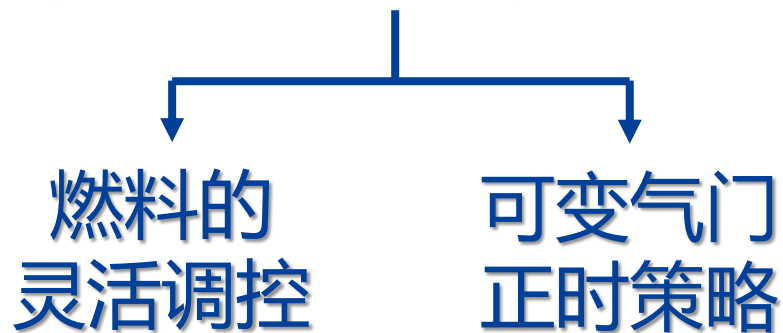


上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

研究思路

双燃料（汽油/正庚烷）均质压燃燃烧



实验+CONVERGE仿真

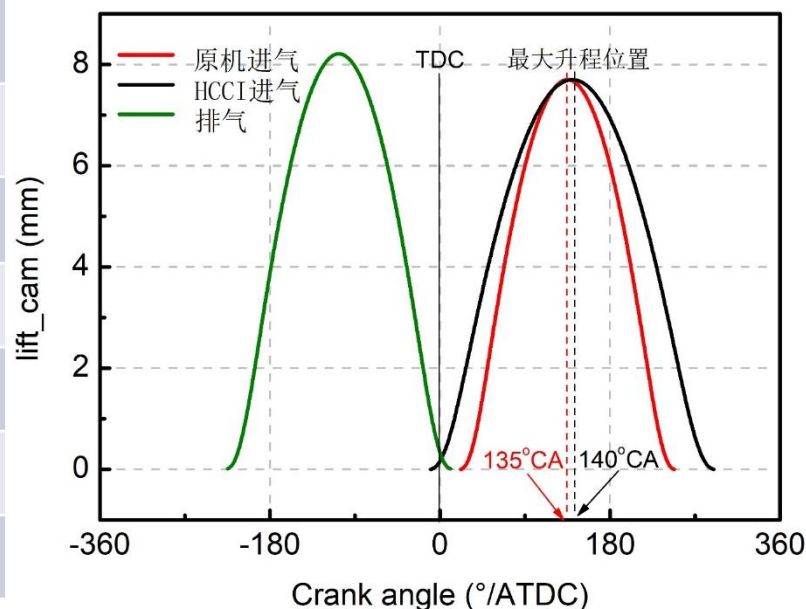
改善HCCI发动机燃烧与排放特性

实验装置

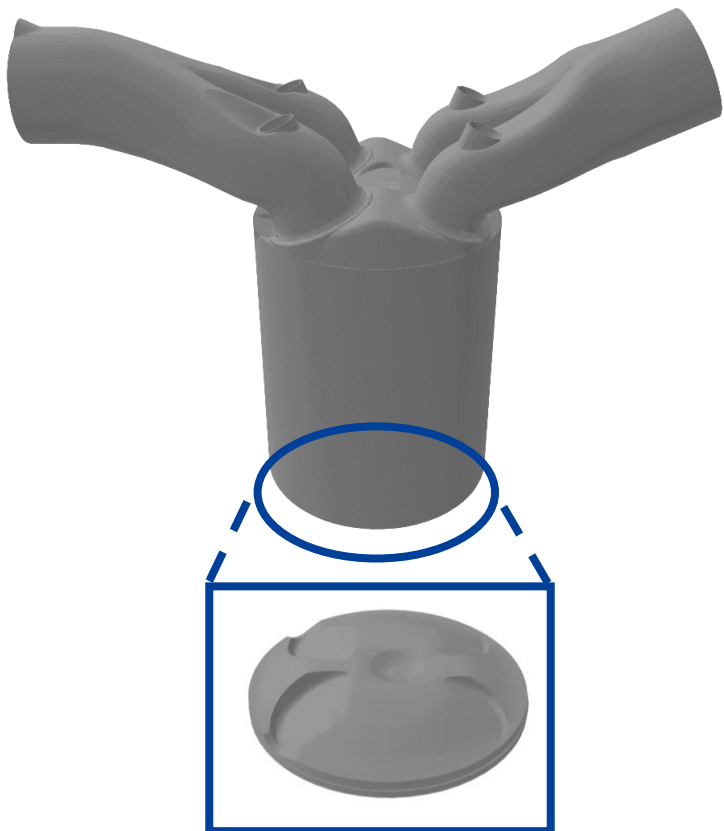
实验参数	参数值
气缸数	4
缸径×冲程/mm	75×84.8
排量/L	1.498
压缩比	13:1
供油方式	多点气道喷射
进气压力/bar	0.975
进气温度/°C	15
转速/rpm	1600
负荷/N·m	30/40/50
汽油比例RG	0~0.5
进气门开启角	-15~35° CA ATDC

$$RG = \frac{m_g \times LHV_g}{m_g \times LHV_g + m_n \times LHV_n}$$

↓汽油
 ↓正庚烷



仿真模型



发动机三维建模

CONVERGE仿真计算参数

仿真设置	
实际气体状态方程	R-K方程
湍流模型	RNG k- ε 模型
燃烧模型	SAGE 模型
燃料机理	基础参比燃料 (PRF) 骨架机理[1]
基本网格尺寸	4mm
最大加密网格尺寸	0.5mm
总网格数	$1.0 \times 10^5 - 8.0 \times 10^5$

[1]Jia M et al. Enhancement on a Skeletal Kinetic Model for Primary Reference Fuel Oxidation by Using a Semidecoupling Methodology. Energy & Fuels, 2012, 26:7069~7083.

1

背景介绍

2

研究方法

3

结果与讨论

4

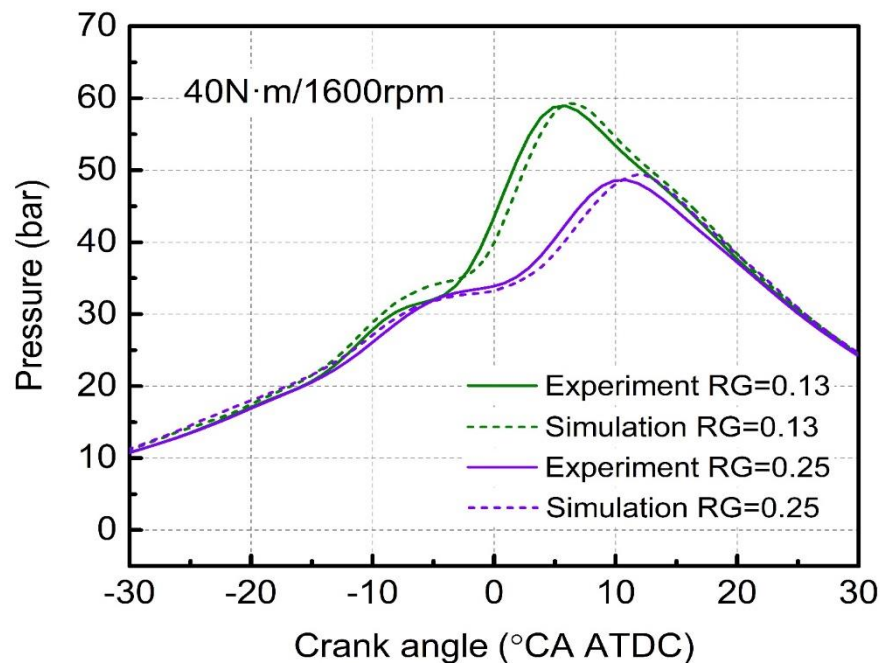
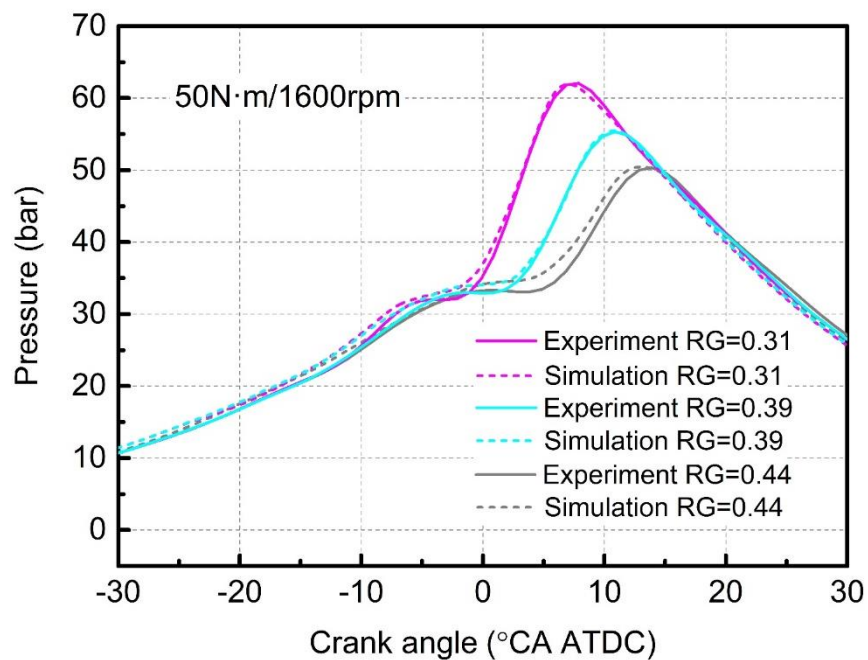
结论



上海交通大学

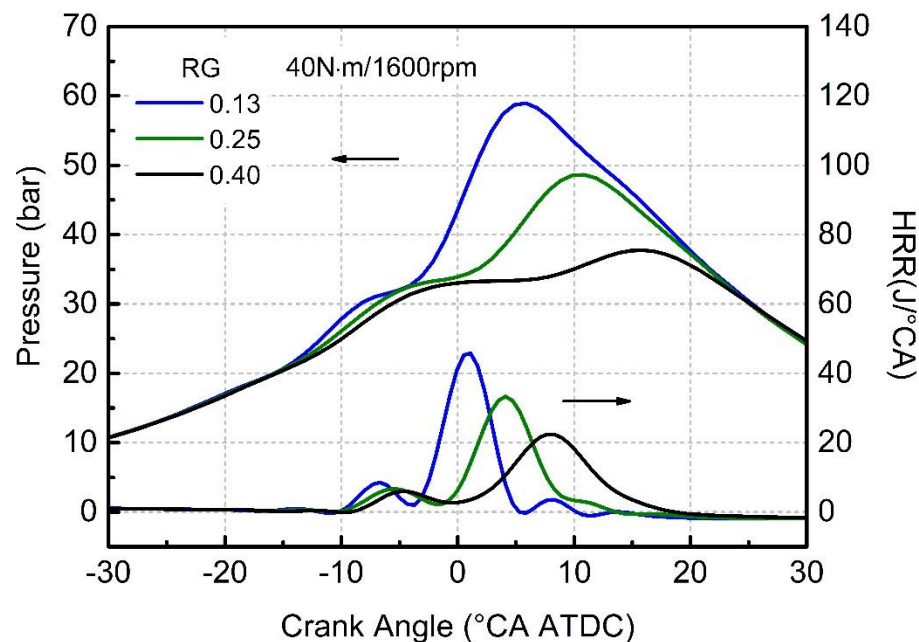
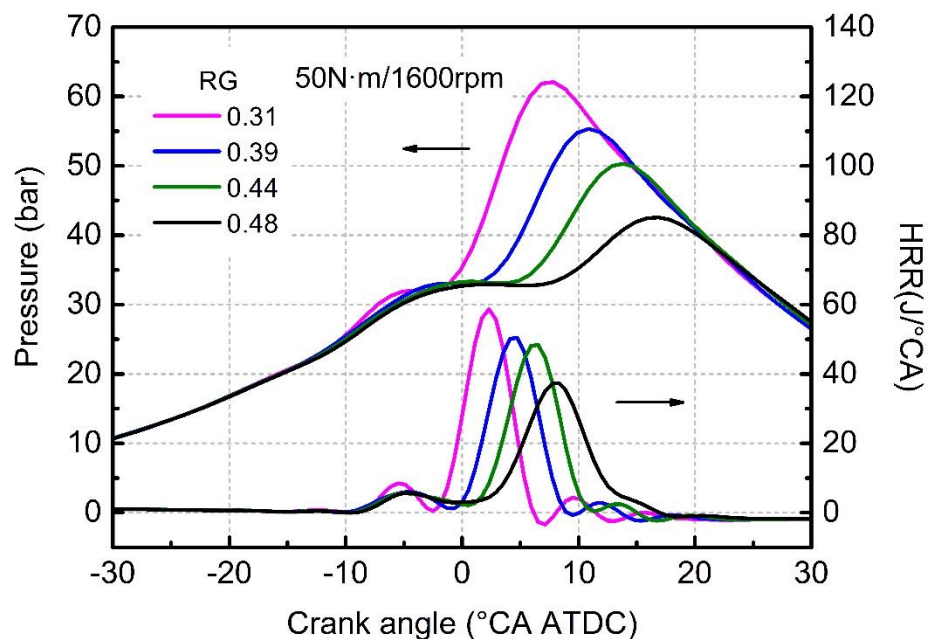
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

模型验证



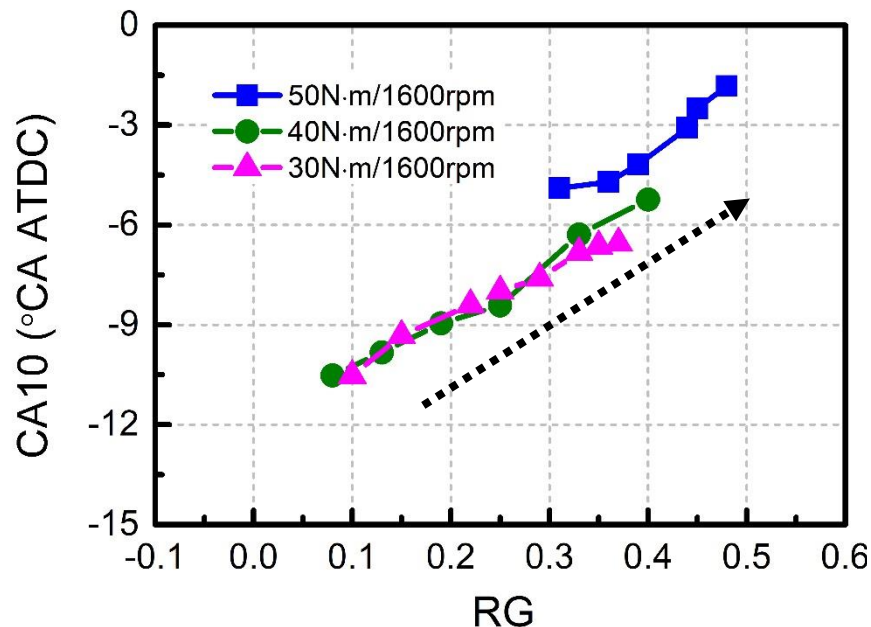
不同喷射比例条件下实验与仿真压力曲线对比：吻合较好

不同燃料组合对缸内燃烧的影响

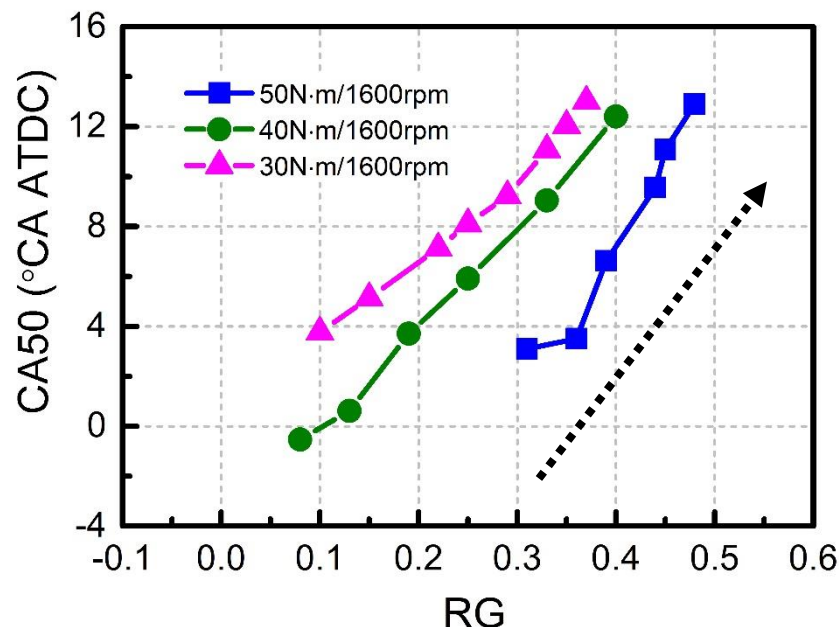


- 随着汽油比例增加：燃烧相位推迟，持续期增加，放热降低，最大压力降低
- 在汽油比例较高时，低温燃烧相位受燃料组合影响较小

不同燃料组合对燃烧相位的影响



CA10：累积放热10%对应时刻



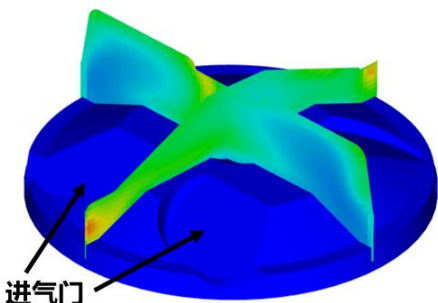
CA50：累积放热50%对应时刻

- ◇ 随着汽油比例增加：CA10、CA50相位推迟，燃烧持续期**增加**
- ◇ 随着负荷增加：CA10相位略有**滞后**，CA50相位**提前**

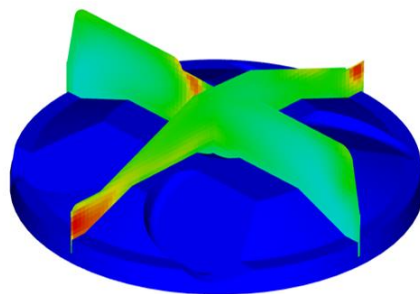
温度场分布图（低温阶段）

50N·m/1600rpm

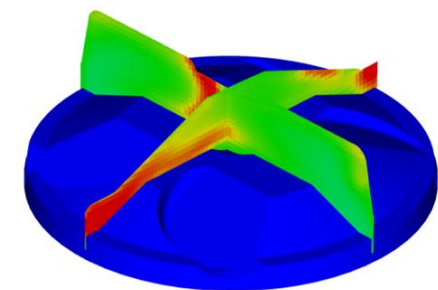
-17° CA ATDC



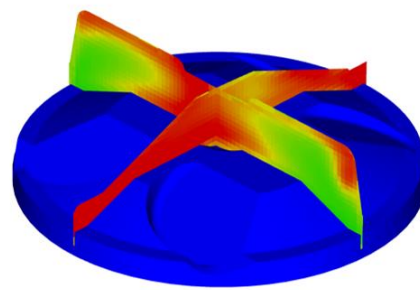
-14° CA ATDC



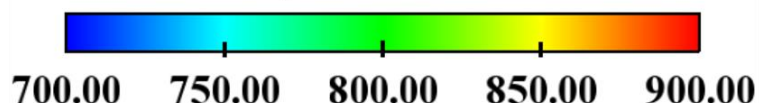
-11° CA ATDC



-8° CA ATDC



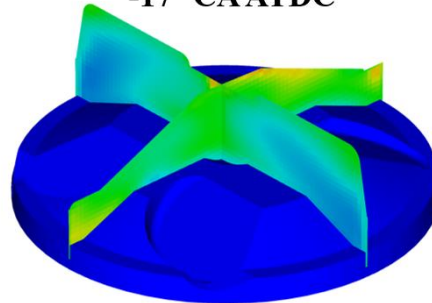
Temperature (K)



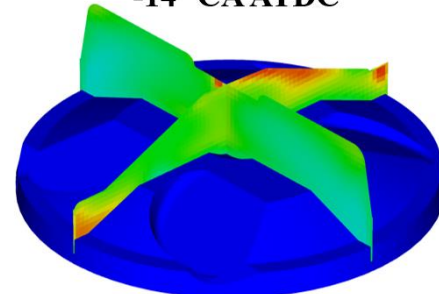
汽油比例0.31

50N·m/1600rpm

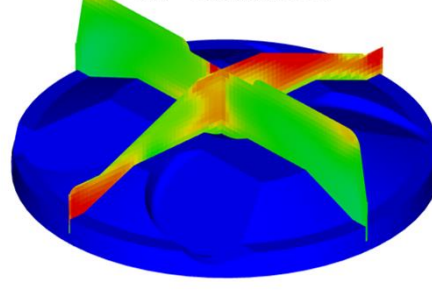
-17° CA ATDC



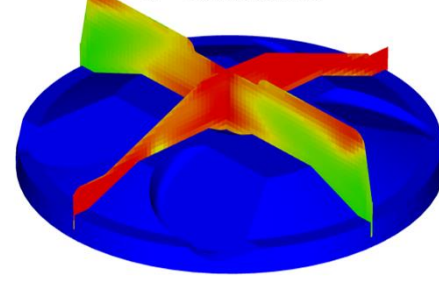
-14° CA ATDC



-11° CA ATDC



-8° CA ATDC



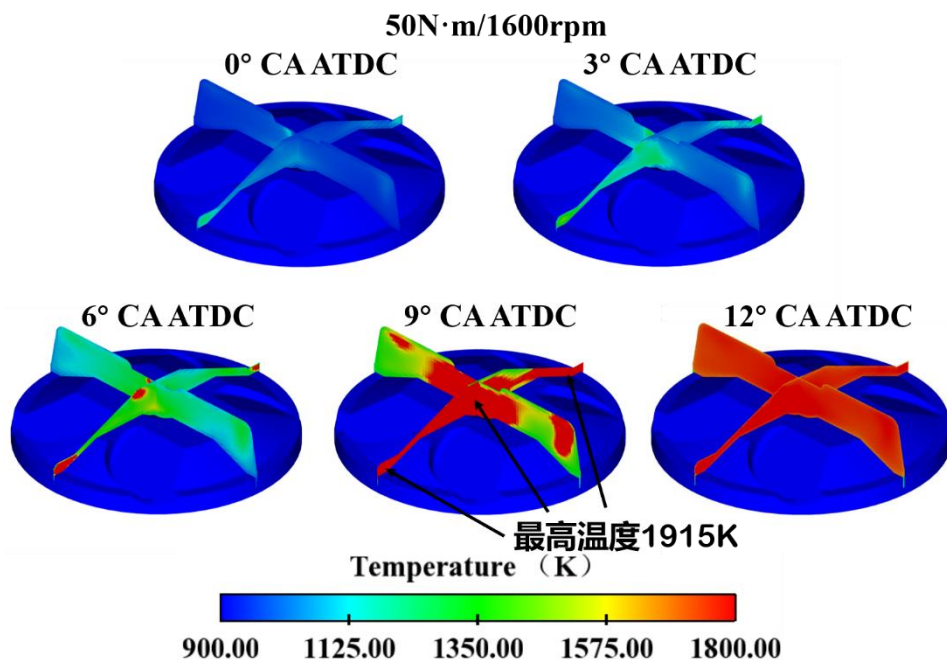
Temperature (K)



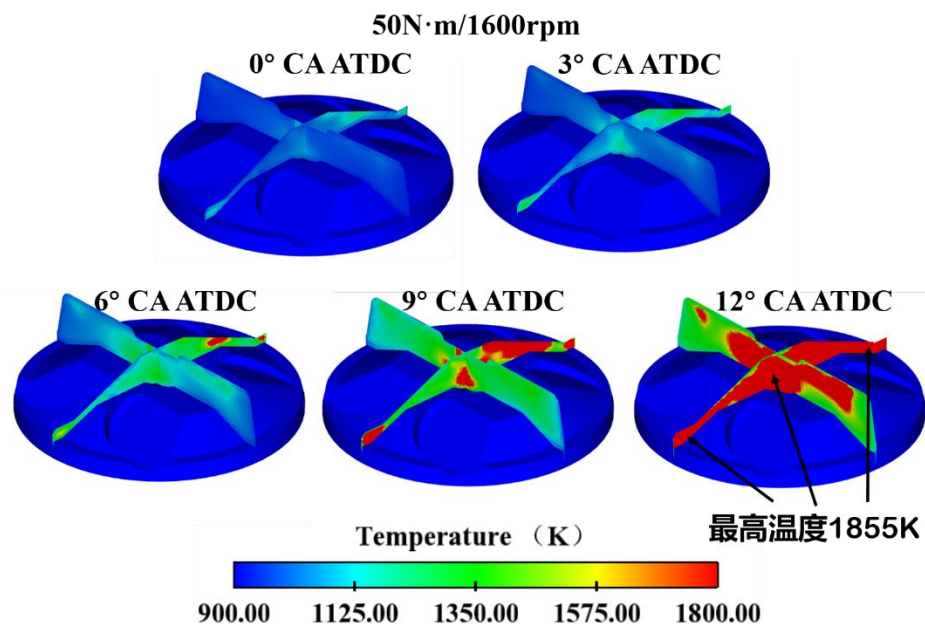
汽油比例0.39

燃料比例对低温阶段放热影响较小，与实验放热结果基本相符

温度场分布图（高温阶段）



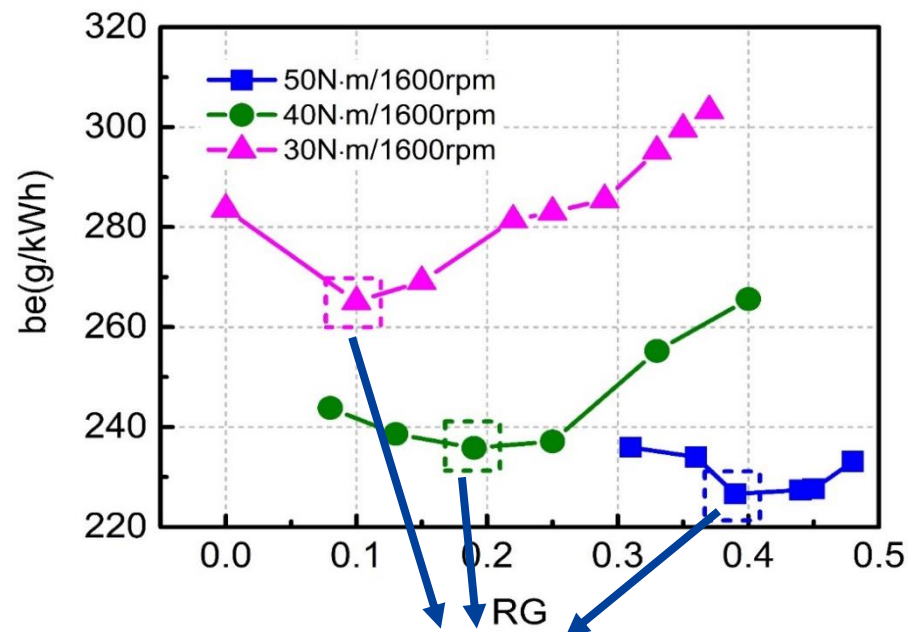
汽油比例0.31



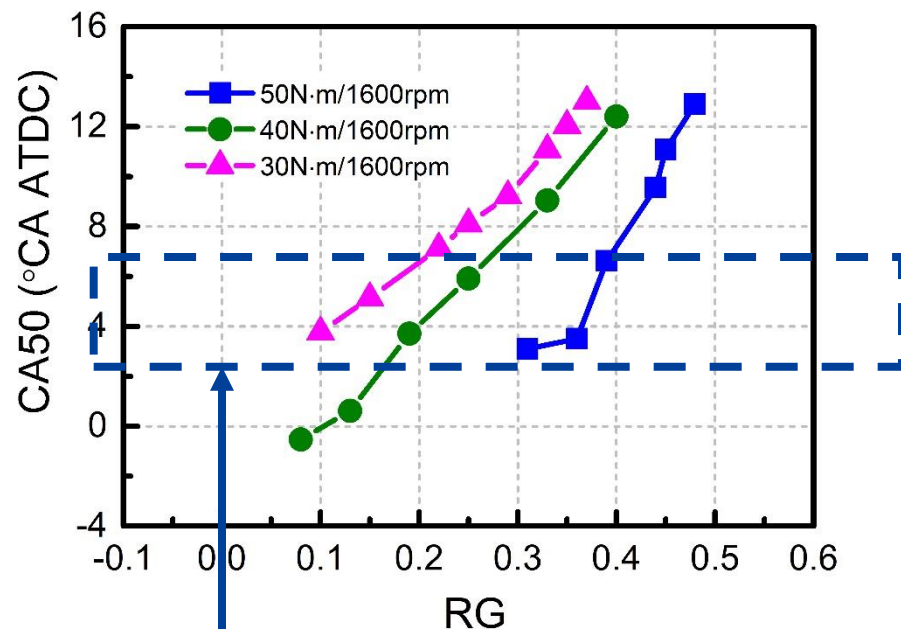
汽油比例0.39

随着汽油比例增加，燃烧滞后、最高温度降低

不同燃料组合对燃油消耗率的影响



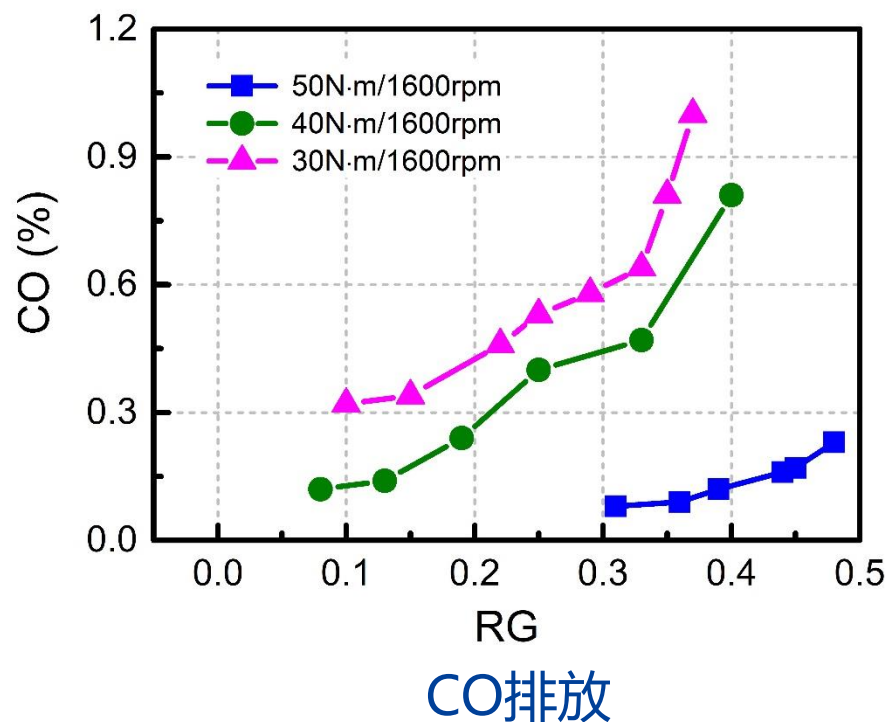
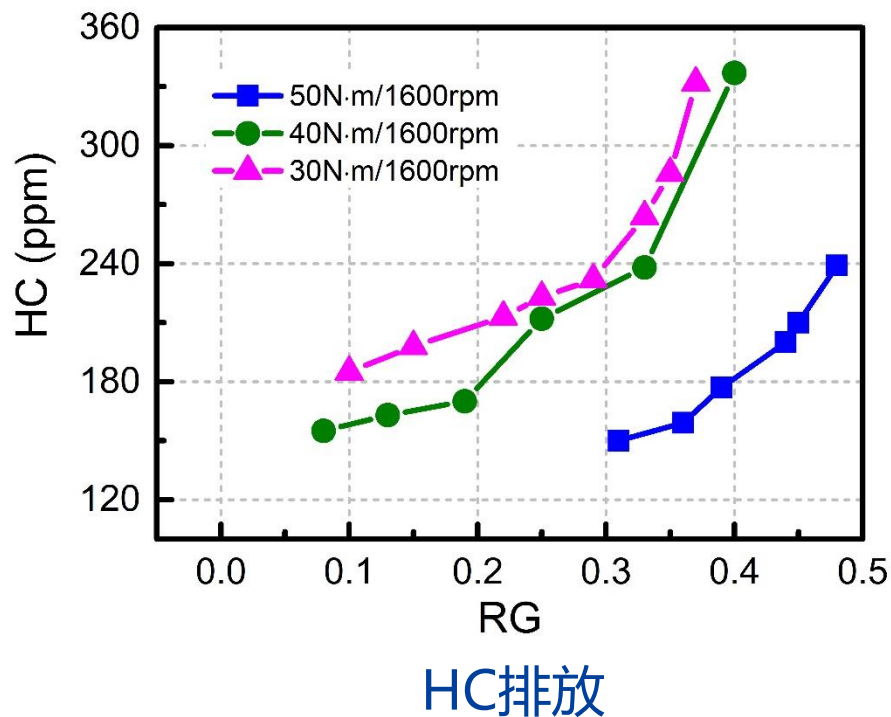
燃油消耗率最佳汽油比例点



燃油消耗率最佳CA50区间

- ◇ 随着汽油比例增加，燃油消耗率先降低后升高；
- ◇ 随着负荷增加，燃油消耗率整体下降；
- ◇ 燃油消耗率最佳点：CA50约在4°-6°CA ATDC。

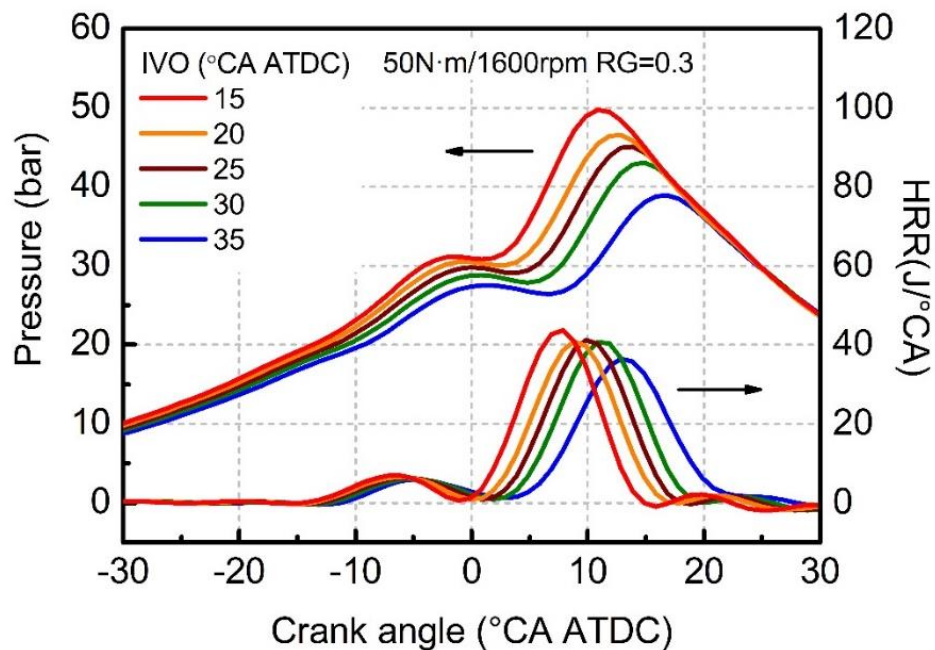
不同燃料组合对排放的影响



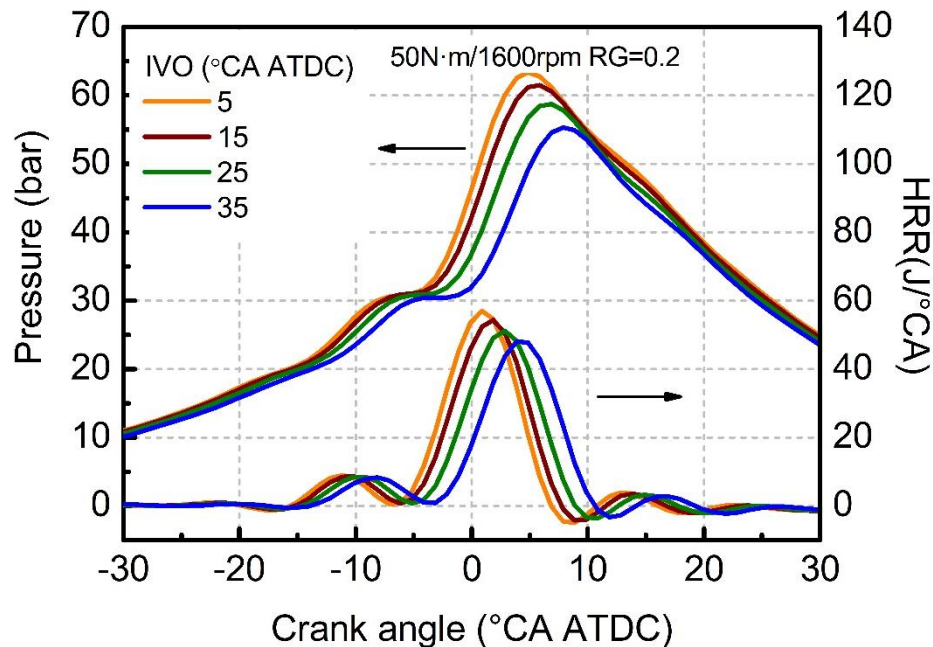
随着负荷降低、汽油比例增加：HC、CO排放增加

原因：燃烧温度降低，壁面附近混合气未能完全燃烧，同时CO向CO₂转化率降低

变VVT策略对缸内燃烧的影响



汽油比例0.3

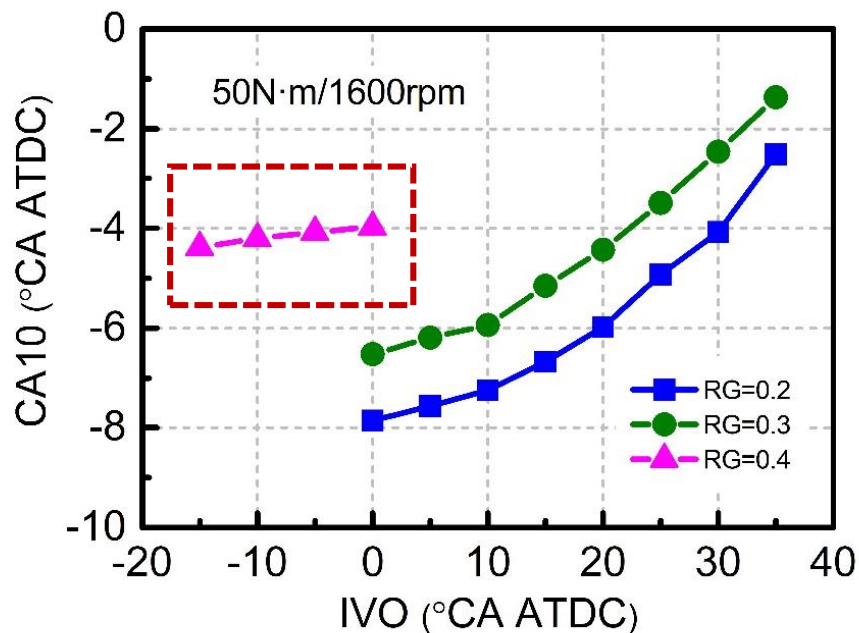


汽油比例0.2

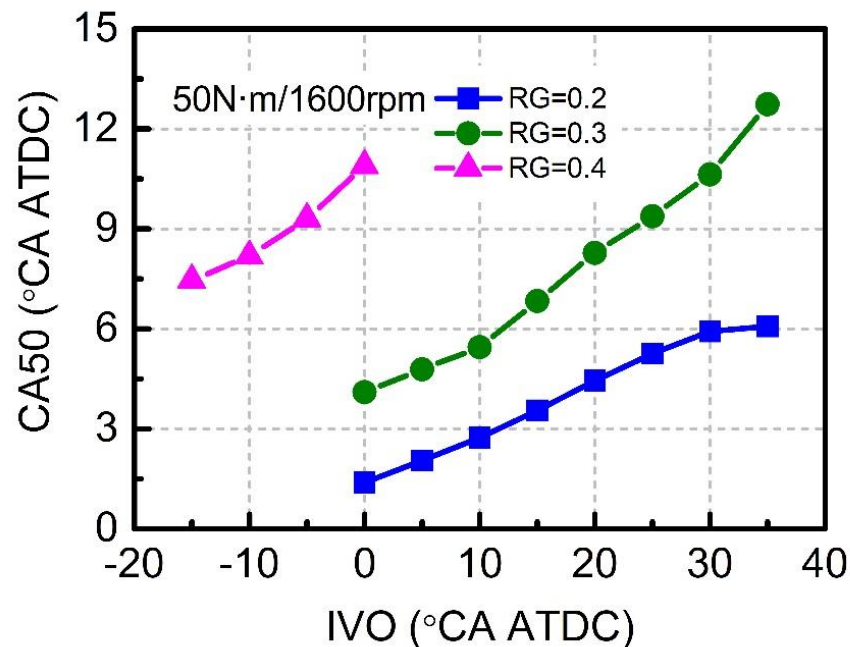
随着IVO推迟：

燃烧前缸内压力降低，低、高温燃烧相位均推迟，放热降低，最大压力降低

变VVT策略对燃烧相位的影响



CA10：累积放热10%对应时刻



CA50：累积放热50%对应时刻

- ◇ 随着IVO推迟：CA10、CA50均推迟，燃烧持续期增加
- ◇ 汽油比例较高时，IVO对CA10影响较小

温度场分布图（低温阶段）

50N·m/1600rpm

-17° CA ATDC

-14° CA ATDC

-11° CA ATDC

-8° CA ATDC

Temperature (K)



IVO=-5° CA ATDC

50N·m/1600rpm

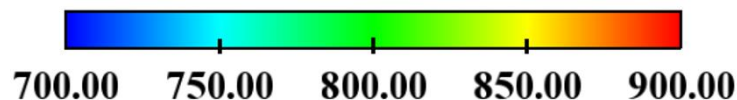
-17° CA ATDC

-14° CA ATDC

-11° CA ATDC

-8° CA ATDC

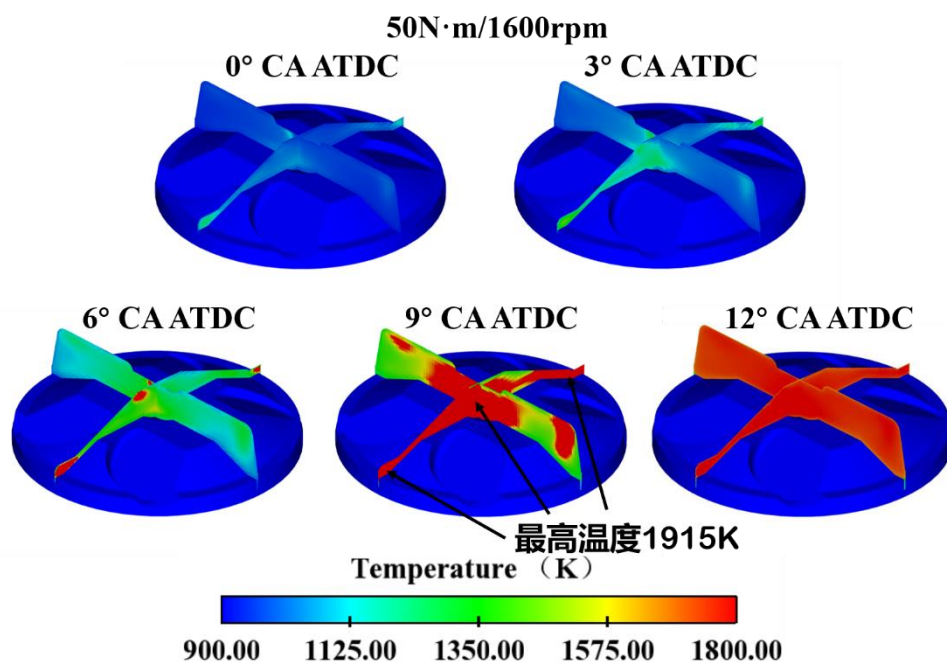
Temperature (K)



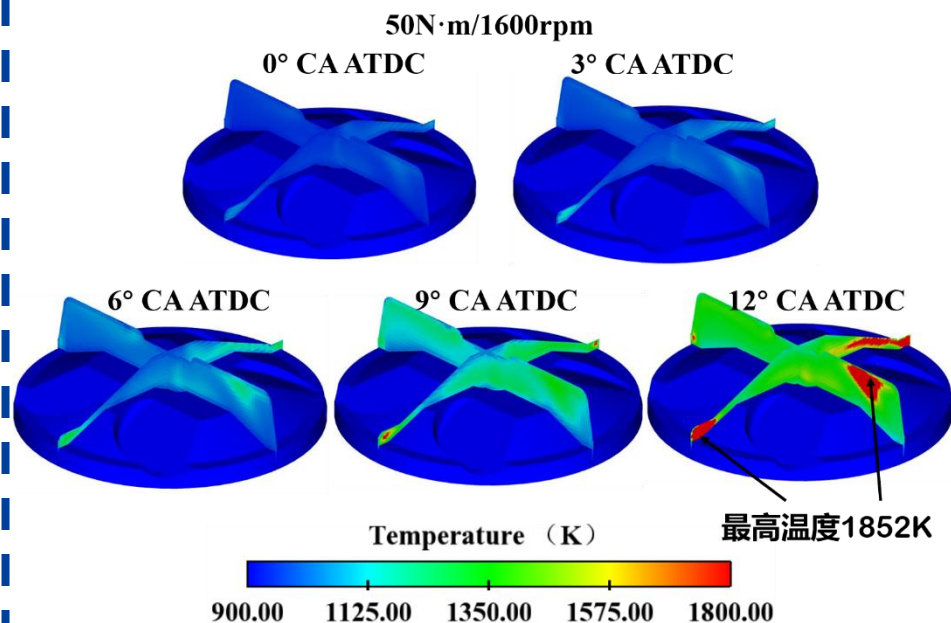
IVO=15° CA ATDC

随着IVO推迟，低温燃烧相位滞后、低温放热略有降低

温度场分布图（高温阶段）



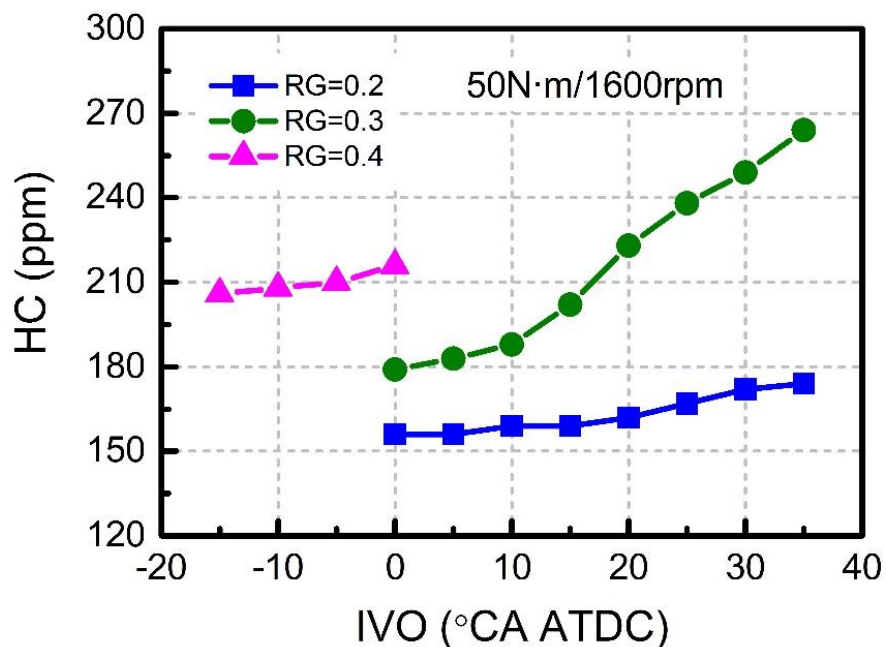
IVO = -5° CA ATDC



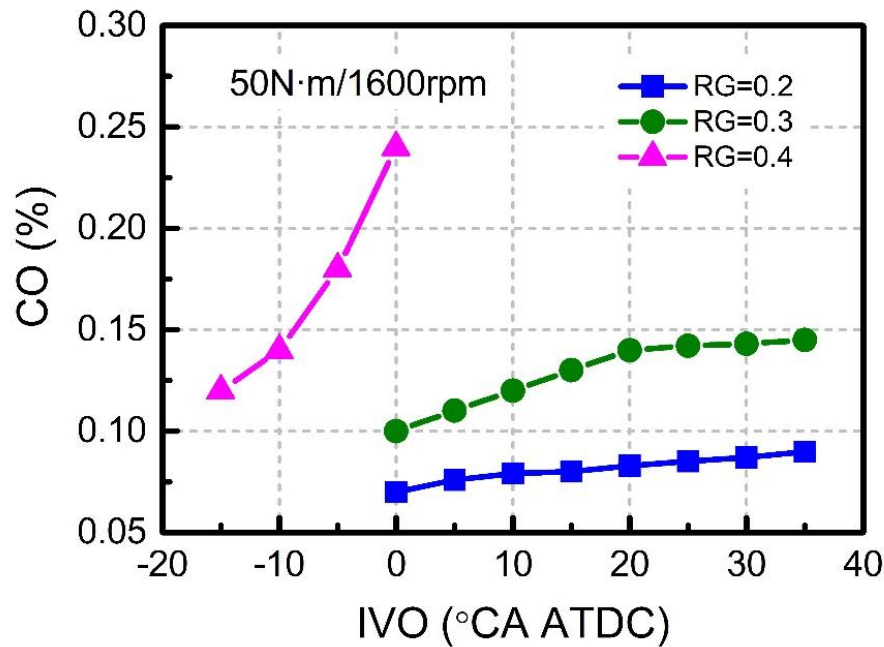
IVO = 15° CA ATDC

随着IVO推迟，燃烧滞后约4°CA，最高温度降低

变VVT策略对排放的影响



HC排放



CO排放

随着IVO推迟：燃烧温度降低，HC、CO排放增加

即进气门提前开启有利于HC、CO排放降低

1

背景介绍

2

研究方法

3

结果与讨论

4

结论



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

结论

本研究对双燃料HCCI燃烧过程进行了实验和仿真研究，对不同燃料组合及不同进气策略条件下的燃烧及排放情况进行了分析，主要结论如下：

- ◆ 汽油比例增加主要影响高温阶段燃烧，其燃烧相位推迟、持续期变长、最高温度降低；研究表明，负荷增大后适当增加汽油比例可维持最佳经济性。
- ◆ 推迟进气会使整体燃烧相位推迟，充气量降低，燃烧持续期变长，最高温度降低；当汽油比例较高时进气策略对燃烧起始阶段影响较小。
- ◆ 减少汽油比例、提前进气以及增加负荷为有效减少HC、CO排放的三种策略。

谢谢倾听，敬请指正！

