



等离子体点火助燃 研究进展与展望

吴 云

空军工程大学航空航天工程学院
航空等离子体动力学国家级重点实验室

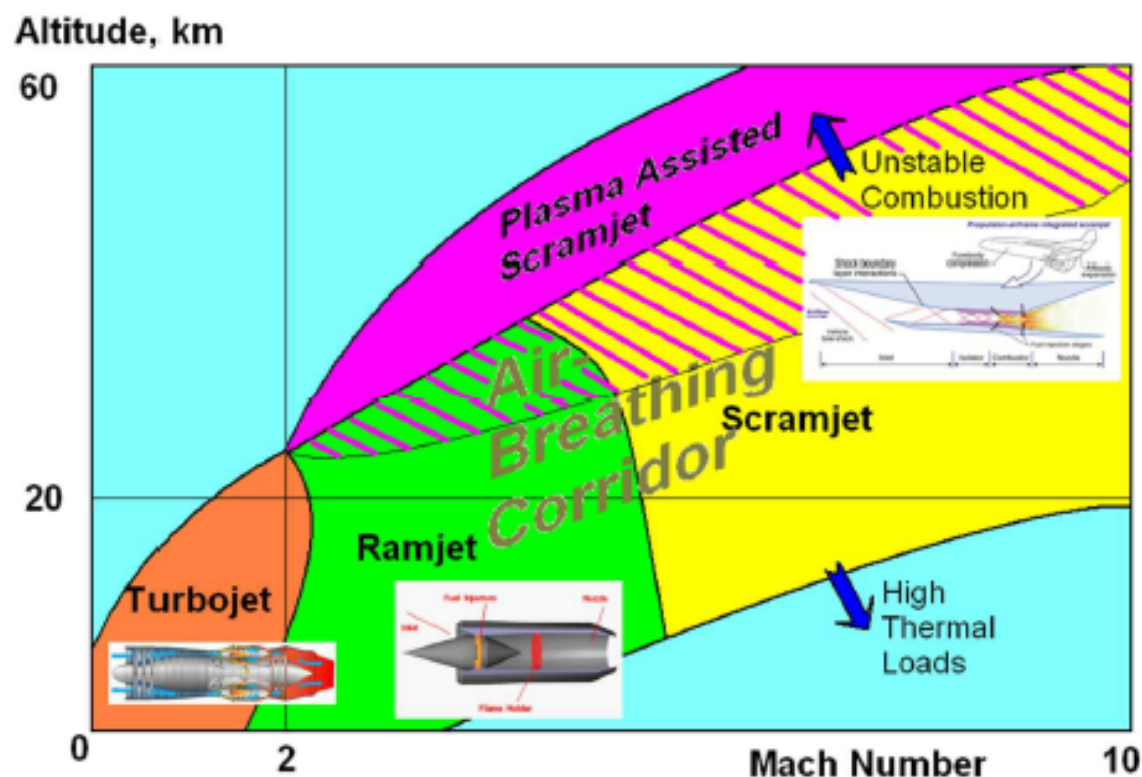


一、进展、前沿与难点

二、未来可能的研究方向与合作

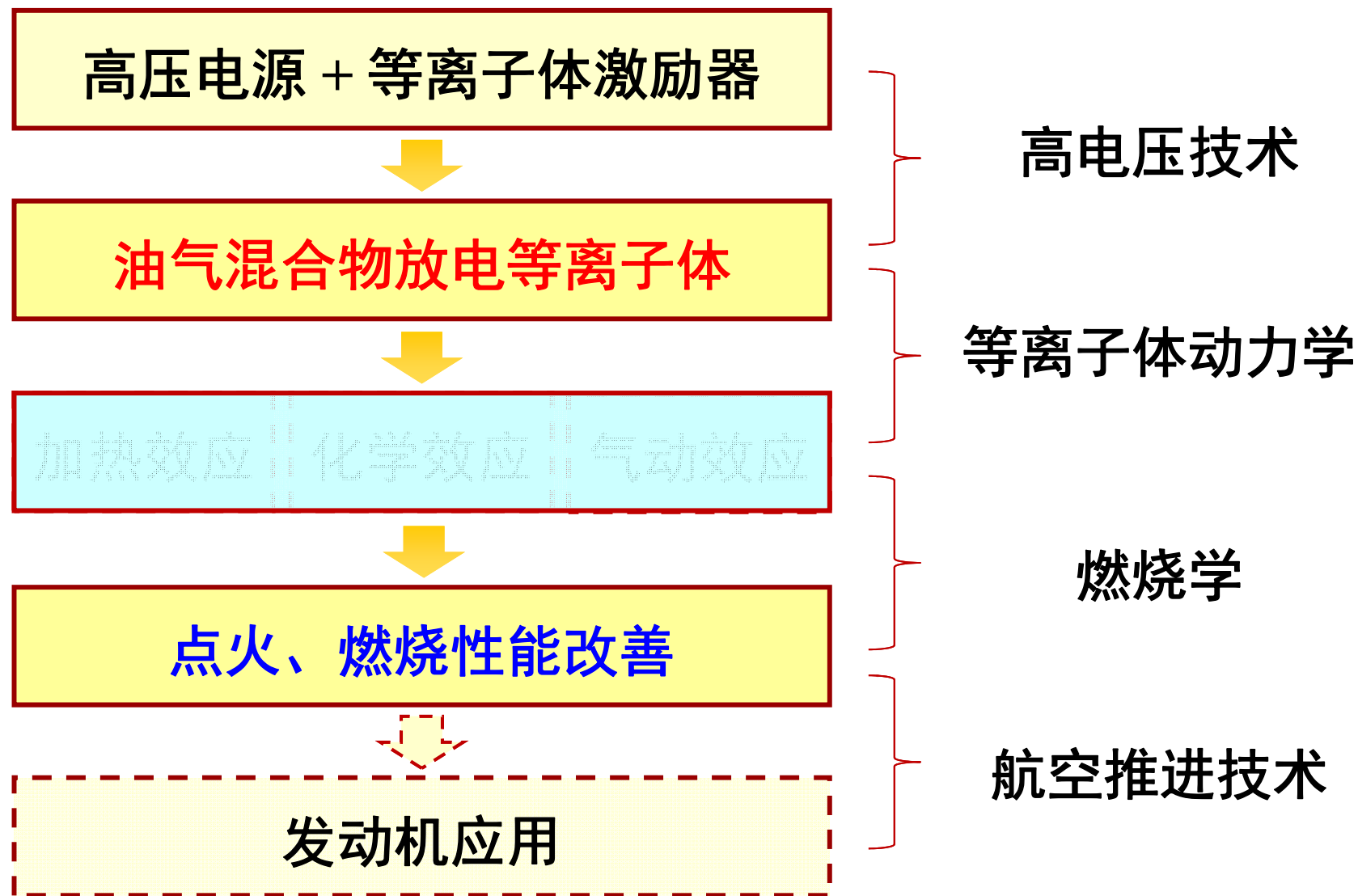


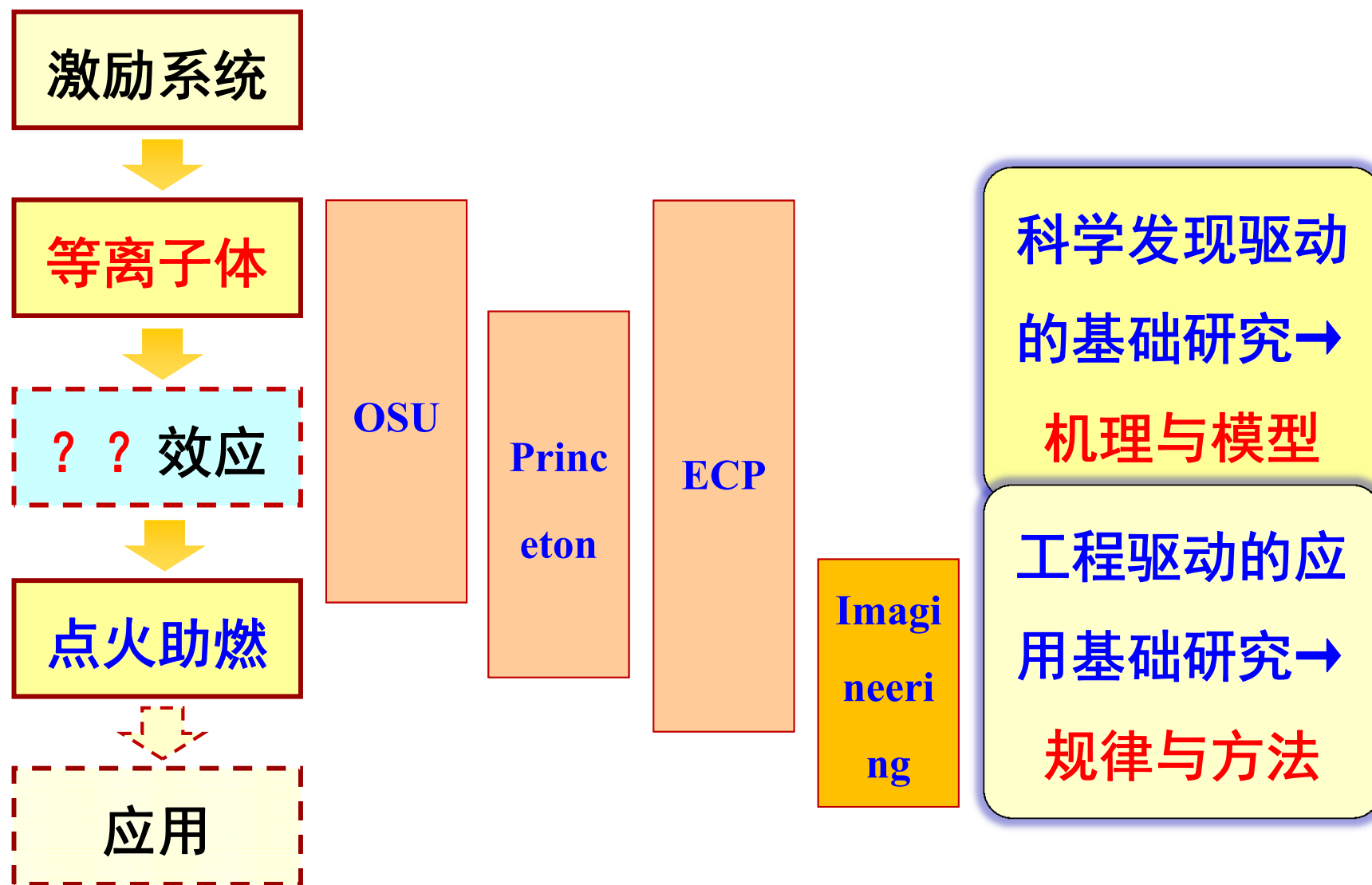
- 民用发动机：节能、减排，贫油燃烧、低温燃烧
- 军用发动机：拓宽边界（极端条件—压力、温度、速度）、简化结构（取消补氧、火焰稳定器）





等离子体点火助燃的基本概念







MURI: Fundamental Mechanisms, Predictive Modeling, and Novel Aerospace Applications of Plasma Assisted Combustion (2009-2014)

❑ The Ohio State University (Igor

❑ Princeton University (Yiguang

❑ Princeton University (Richard M

❑ Princeton University (Andrey St

❑ Pennsylvania State University (F

❑ Georgia Institute of Technology

❑ Ecole Polytechnique (Svetlan

❑ Moscow State University (Nik

❑ Moscow Institute of Physics a

❑ Ecole Centrale (Christophe Laux)

1、宽广条件下的非平衡等离子体动力学实验数据与机制（温度：

300–1800K，压力：0.1–70bar）

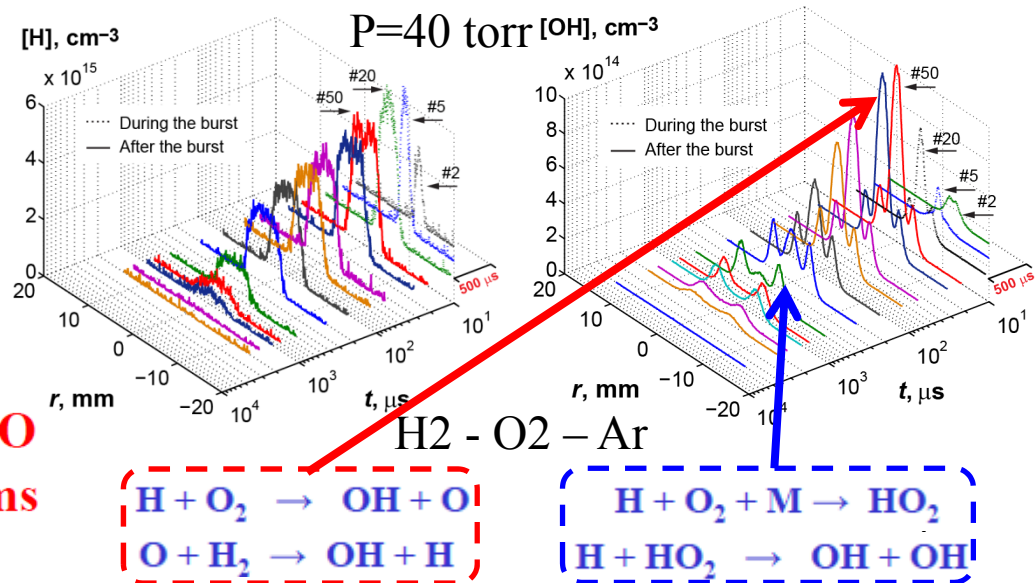
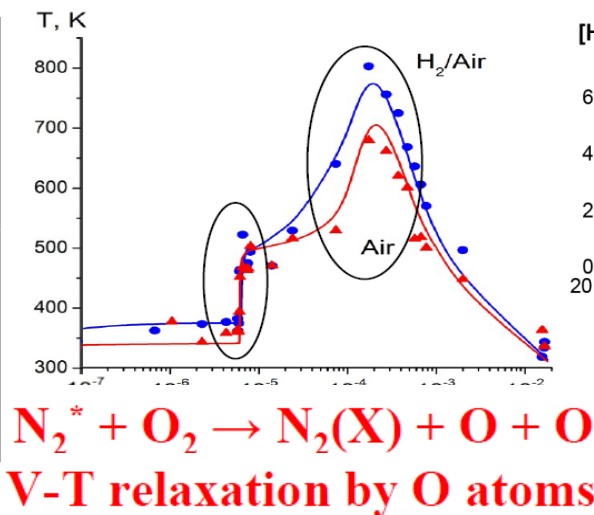
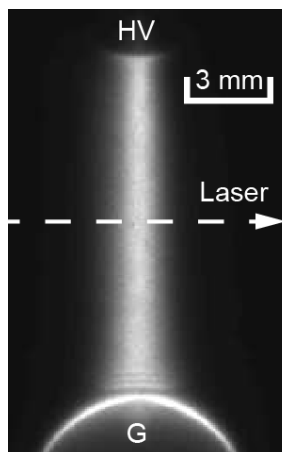
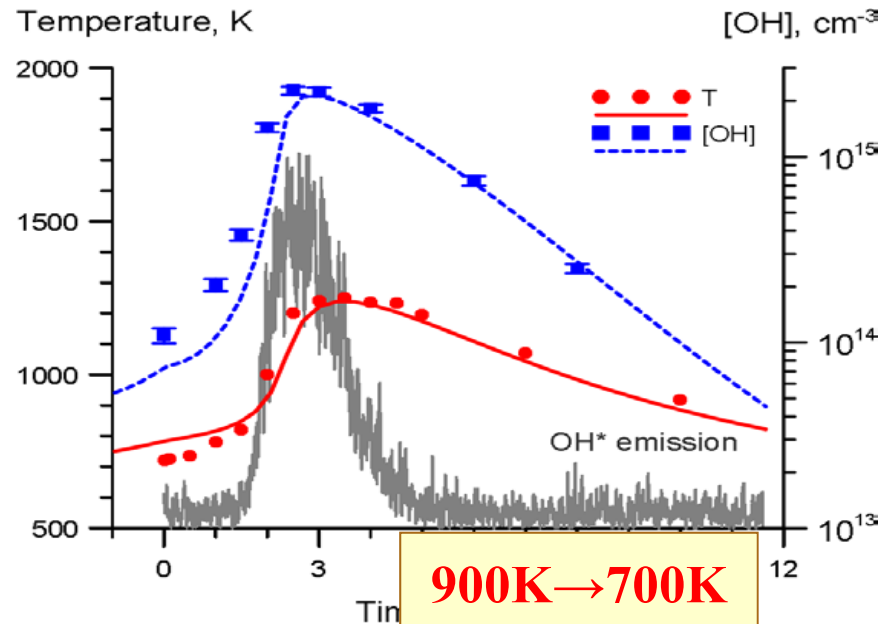
2、纳秒脉冲、直流/射频、微波等离子体对点火延迟、火焰稳定与层流火焰速度影响的实验数据

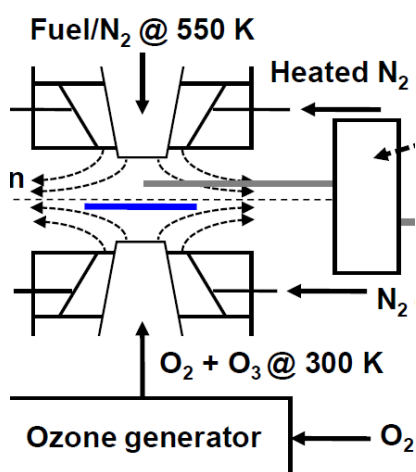
3、高精度仿真程序



H_2/C_1-C_3 -air
P=50-500torr

- 电场强度
- 电子温度与密度
- 转动温度
- 振动能级分布
- O、H、OH、NO等

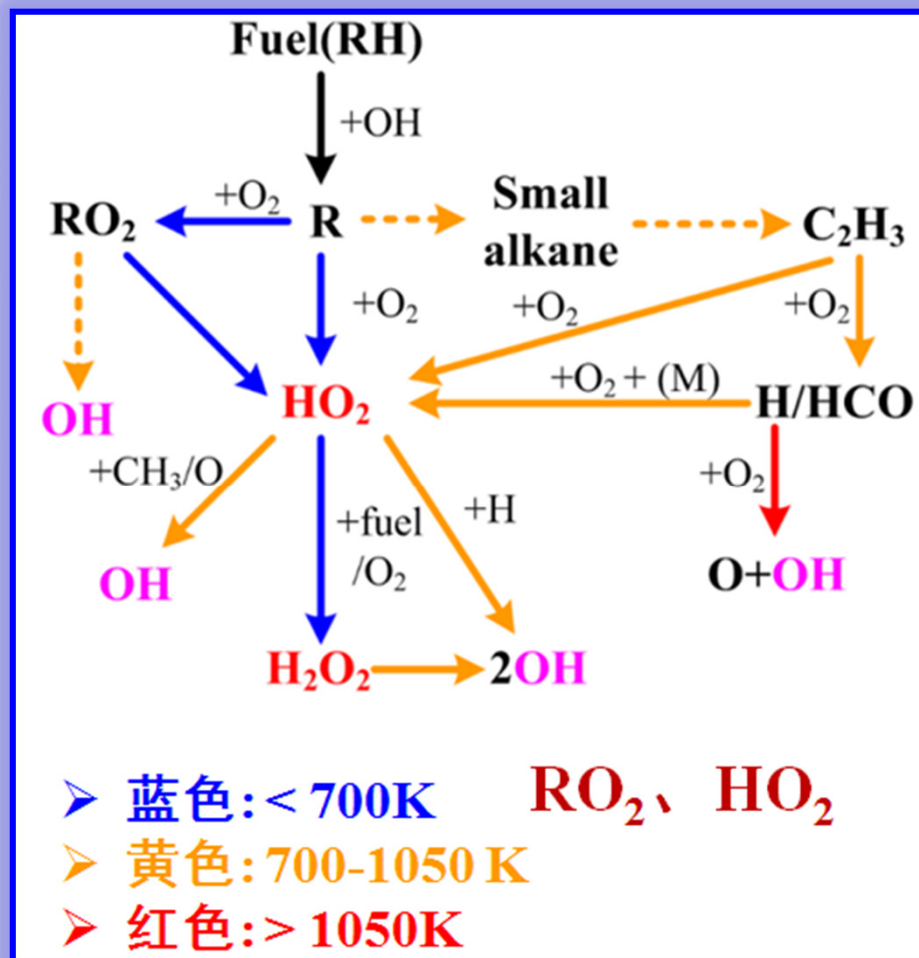
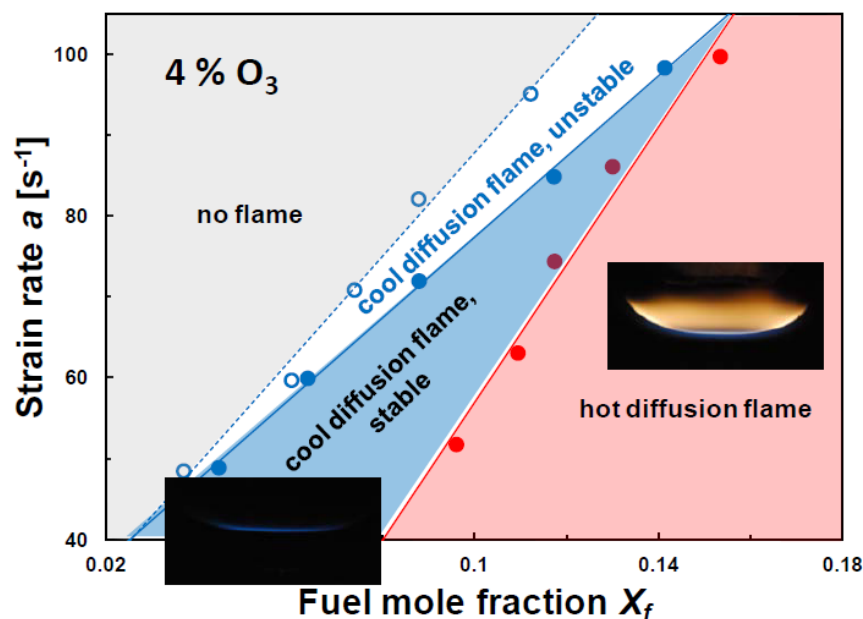




常规火焰

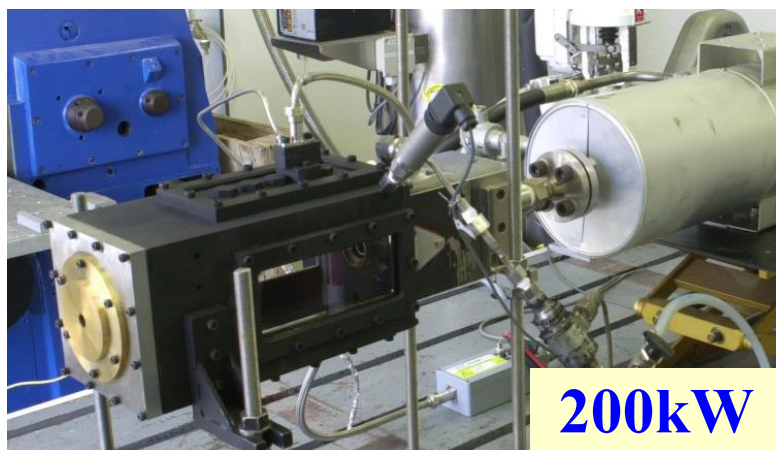
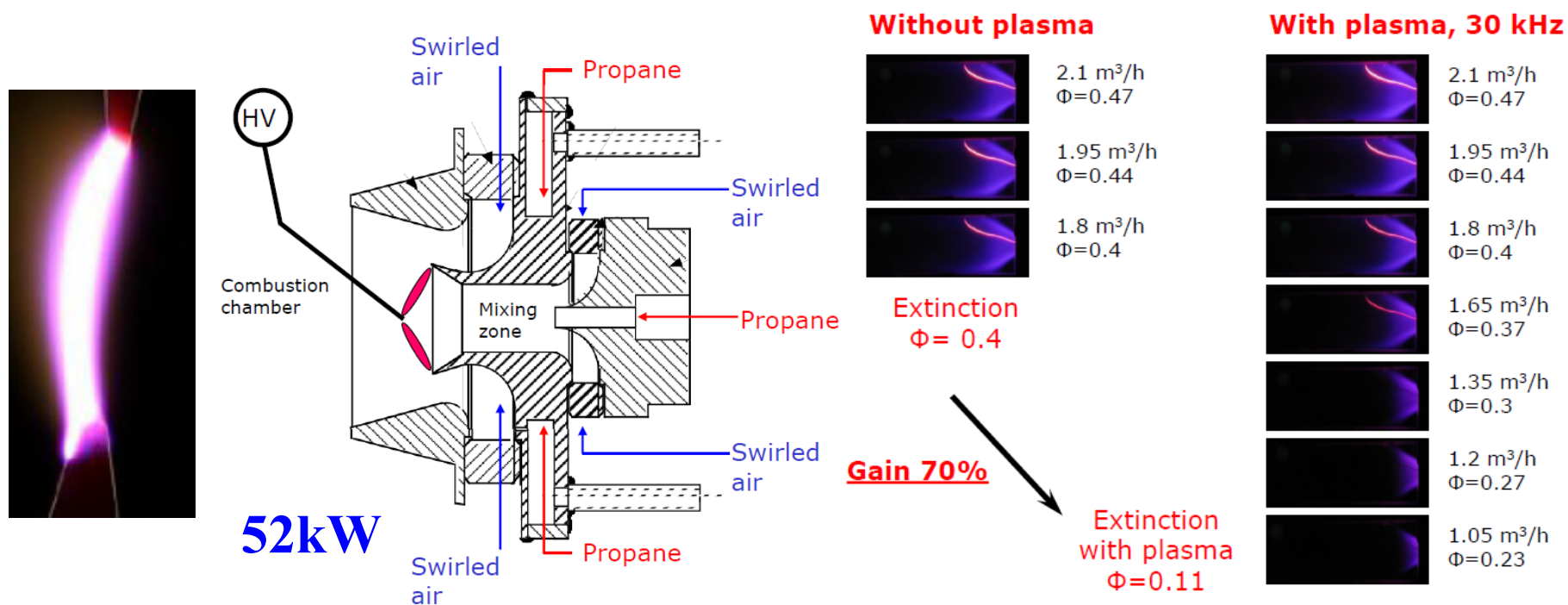


等离子体, 冷火焰





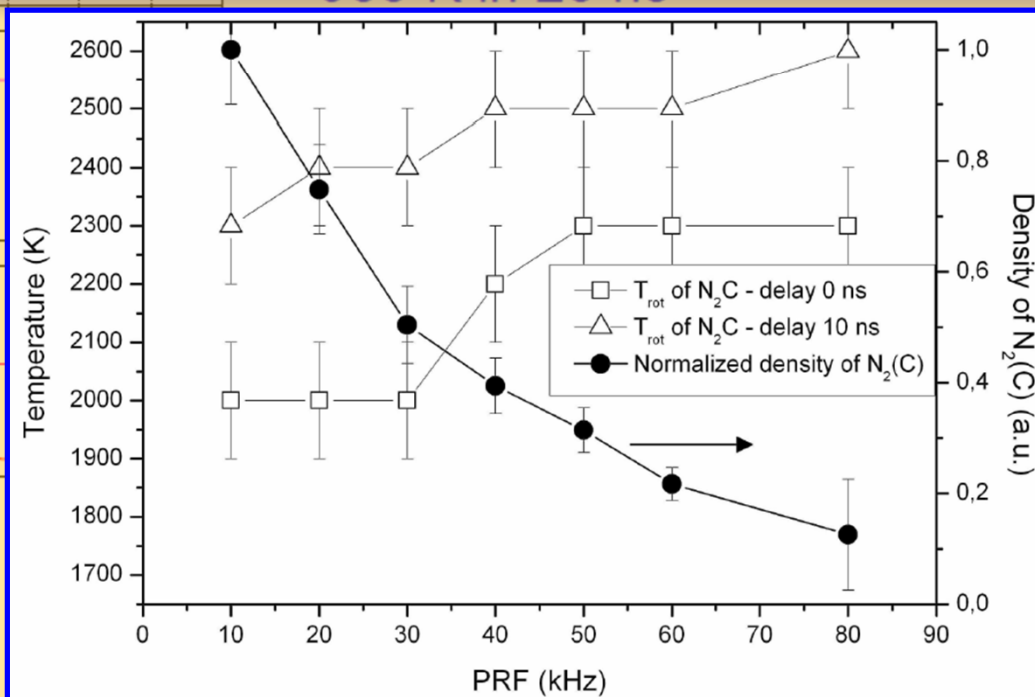
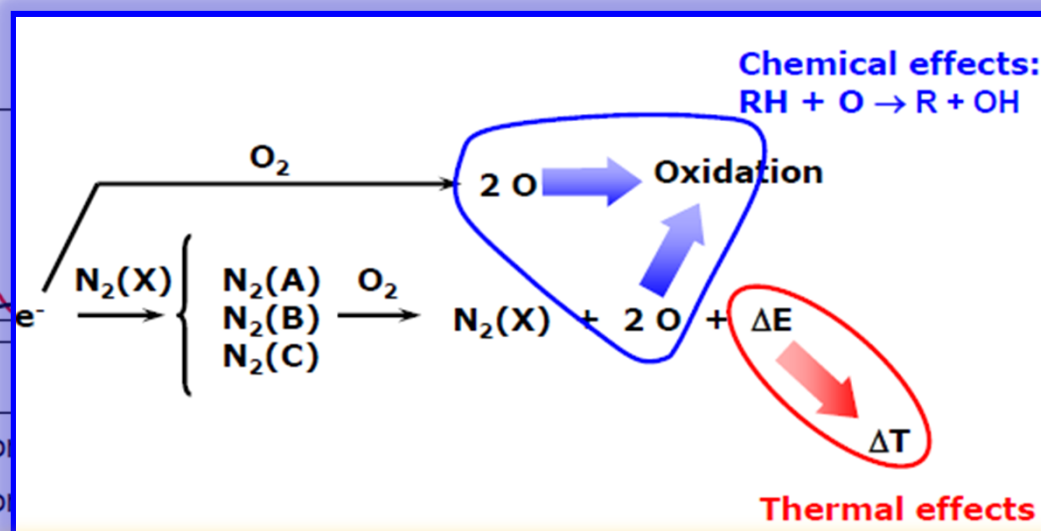
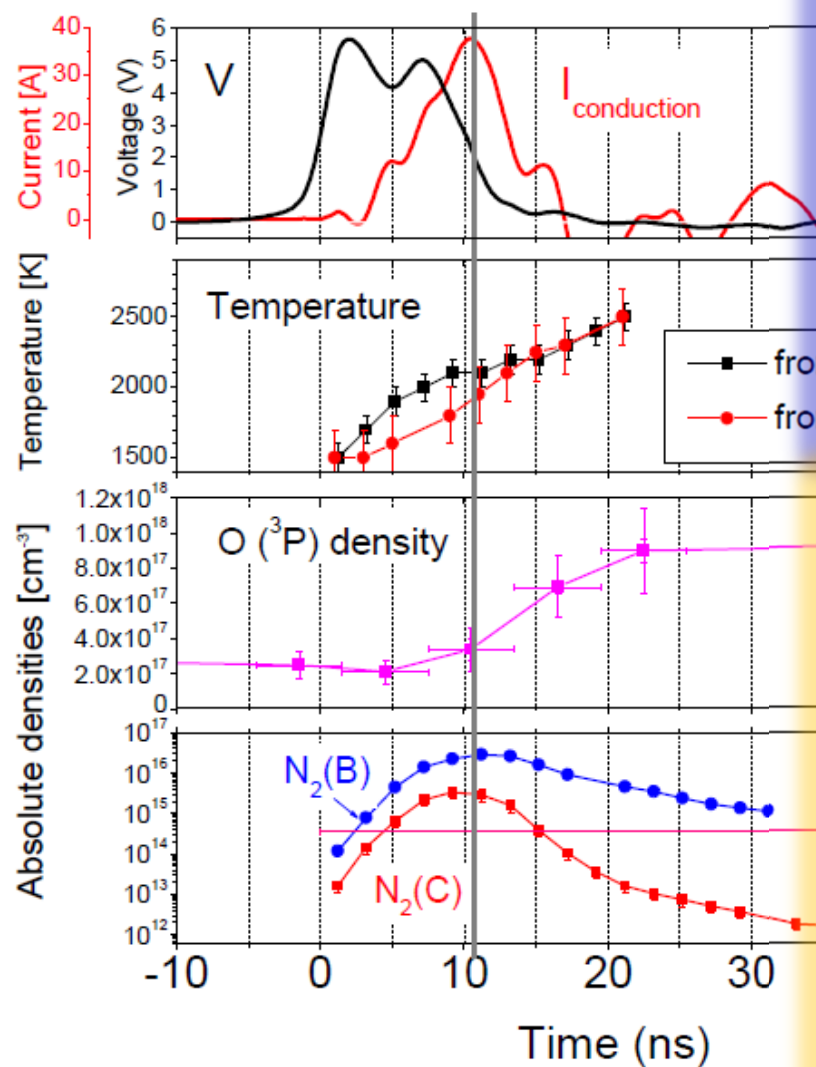
ECP-Laux: 基于纳秒脉冲等离子体的贫油燃烧



- 煤油-空气, 3bar
- 纳秒放电, 100kHz
- 小于火焰功率1%
- 0.44 → 0.21 (52%)

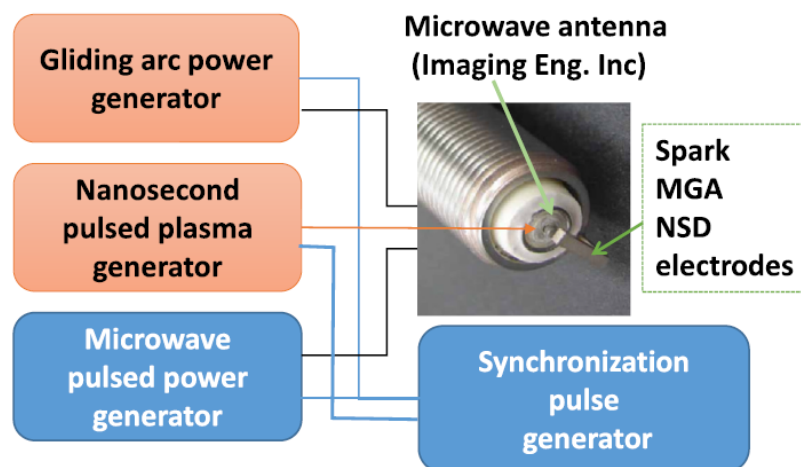


ECP-LauX: 基于纳秒脉冲等离子体的贫油燃烧



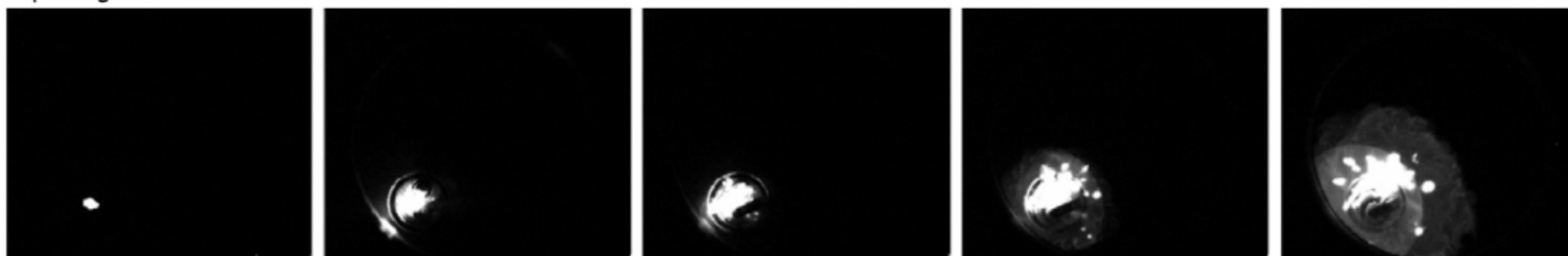


Imagineering-Ikeda: 微波辅助电火花点火

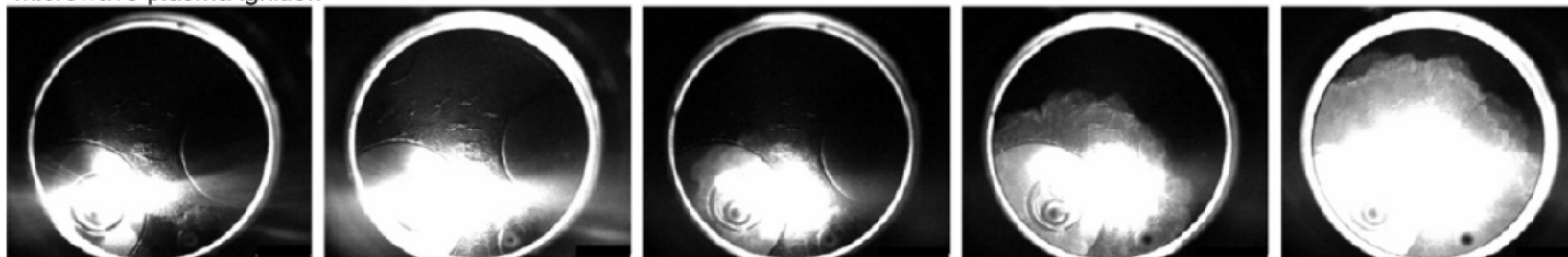


预期可以在丰田、福特等汽车发动机上应用，显著降低耗油率和排放，成本在100美元以内。

Spark ignition



Microwave plasma ignition



-14.2 deg. ATDC

-10.6 deg. ATDC

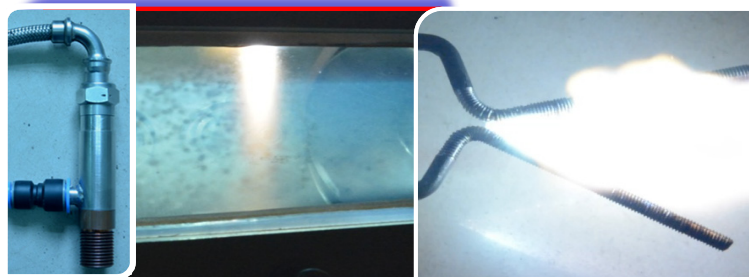
-7.0 deg. ATDC

-3.4 deg. ATDC

0.2 deg. ATDC

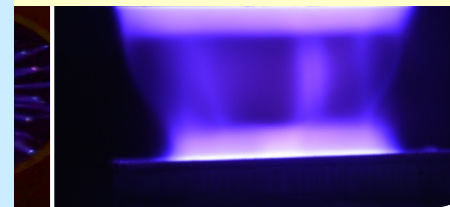


国内的已有工作

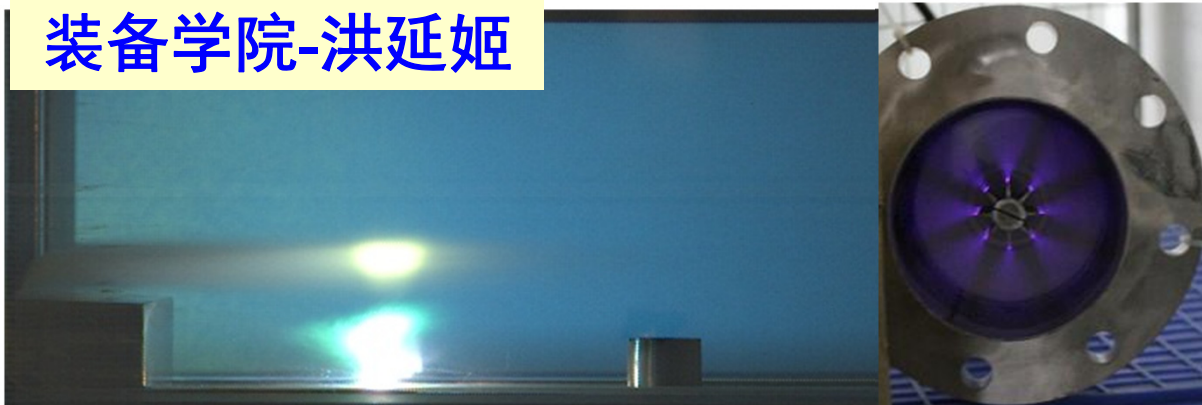


- 点火边界扩大27.8%
- 点火延迟时间缩短60%
- 稳定燃烧范围扩大16%

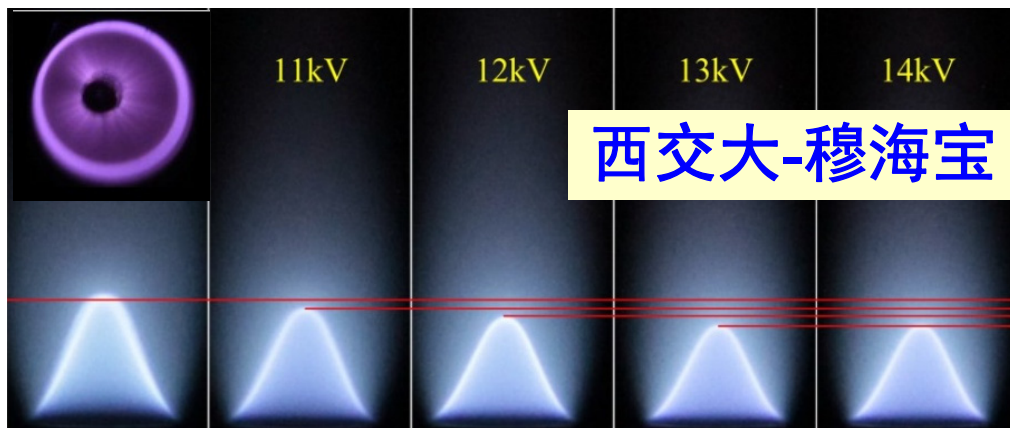
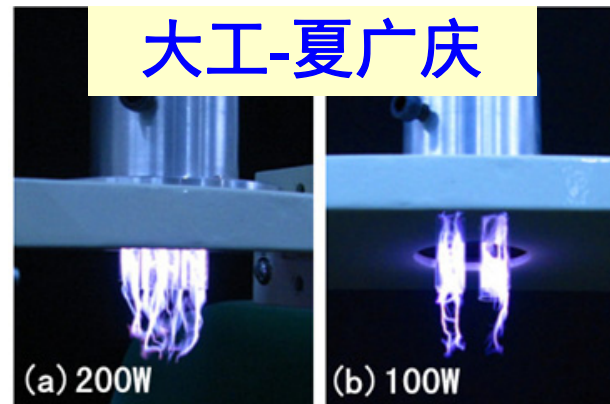
空工大-何立明



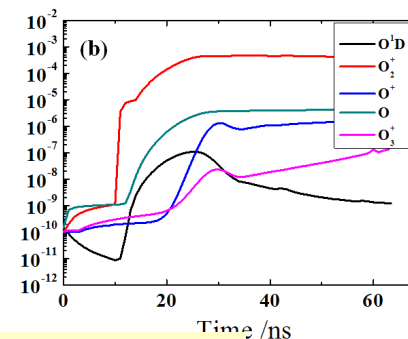
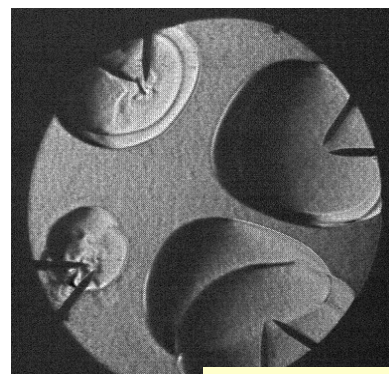
装备学院-洪延姬



大工-夏广庆



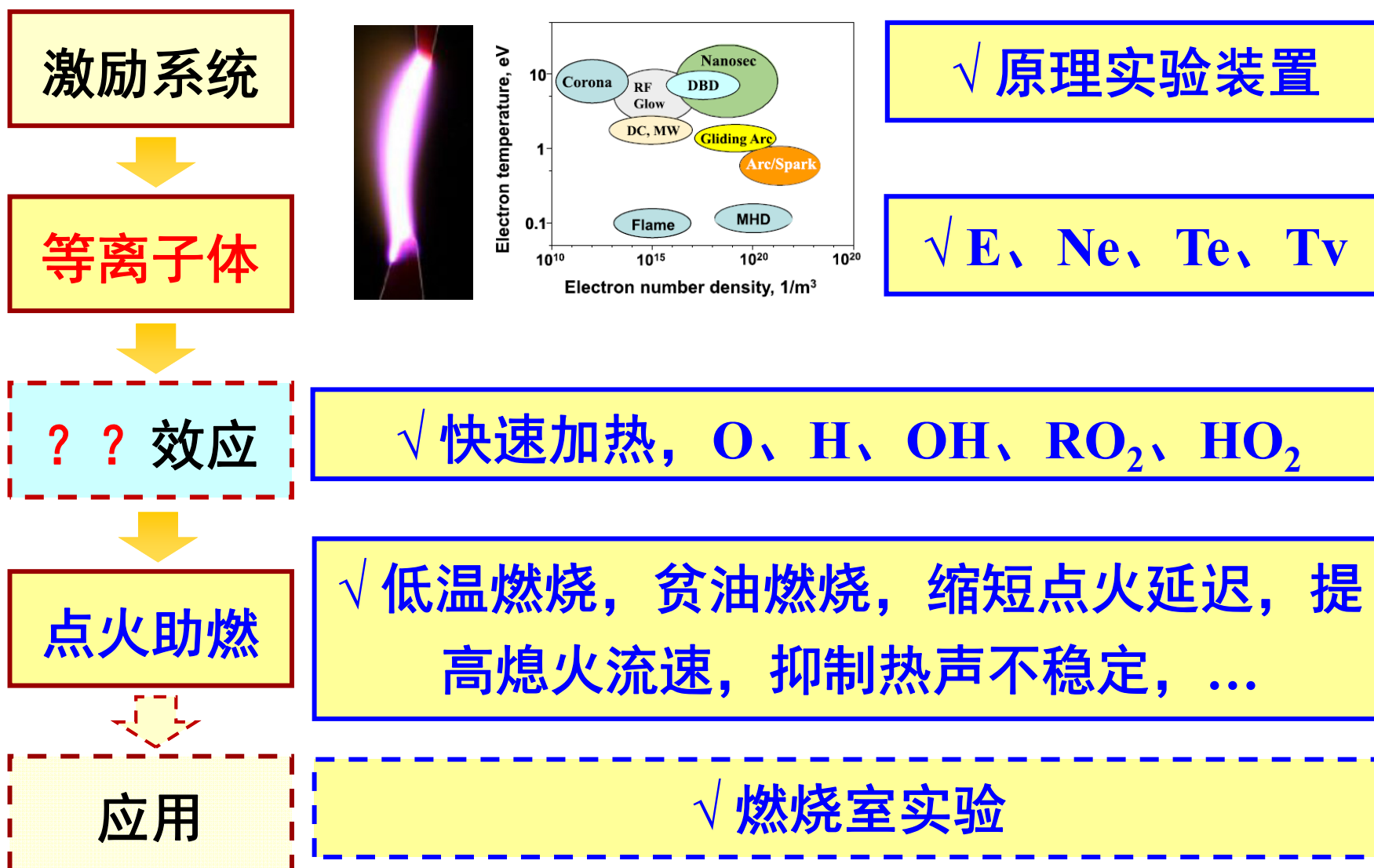
西交大-穆海宝

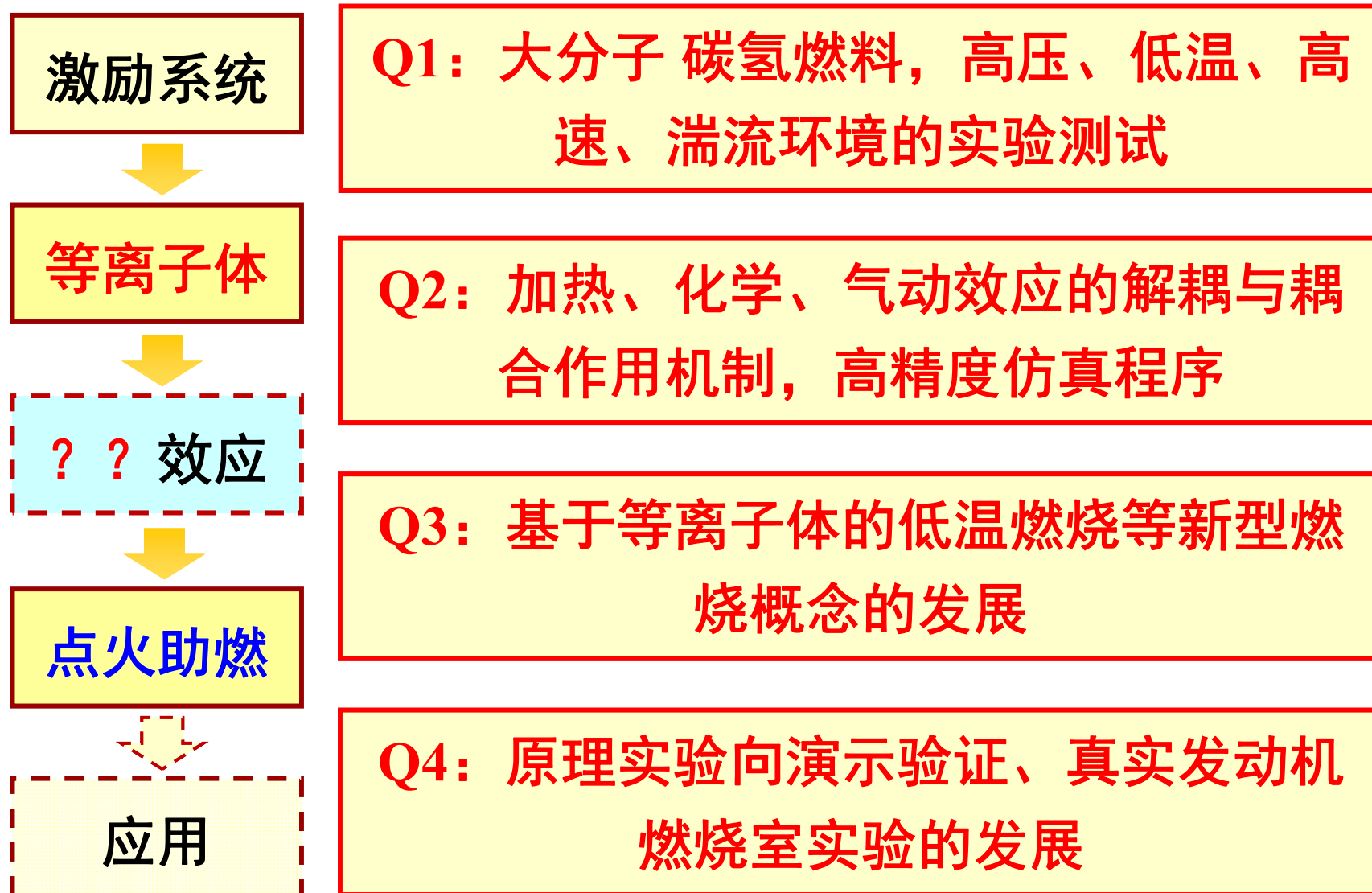


空工大-吴云



进展小结







一、进展、前沿与难点

二、未来可能的研究方向与合作



- **坐标系：**OSU、Princeton、ECP等一流机构的平台和结果，**科学发现导向**
- **现状：**等离子体动力学与燃烧学的交叉合作不够，激光测试与诊断的研究基础薄弱
- **建议：**抓住**机遇**，发挥我国的**基础和优势**，设计建设**benchmark实验台**（controlled, well-characterized），加强**交叉合作**，**细致校验**，**有限目标集中突破**
- **困难：**门槛高、难度大、周期长



- **坐标系：**我国民用、军用发动机发展中的重要燃烧问题，**工程背景导向**
- **现状：**等离子体射流的效果有限、功耗很大，高效等离子体点火助燃激励的发展缓慢，交叉合作不够
- **建议：**以**重大需求**为牵引，**集成**国际上的科学进展，反推**需要进一步解决**的科学与技术问题，加强**交叉合作**，**有限目标集中突破**
- **困难：**试凑的盲目性，难度大



谢谢大家！
欢迎到实验室指导交流！