

力学所斜爆轰波燃烧机理研究取得进展

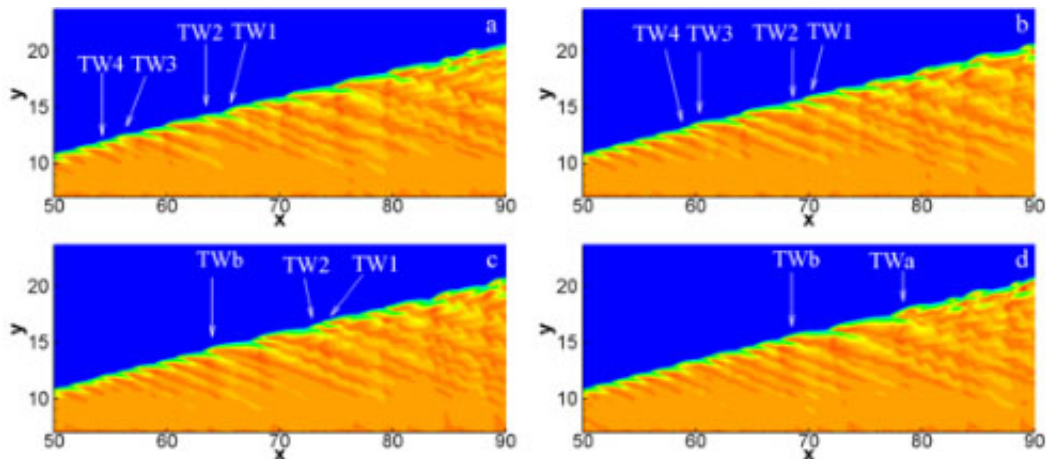


图 1 用温度场表示的斜爆轰胞格形成过程。

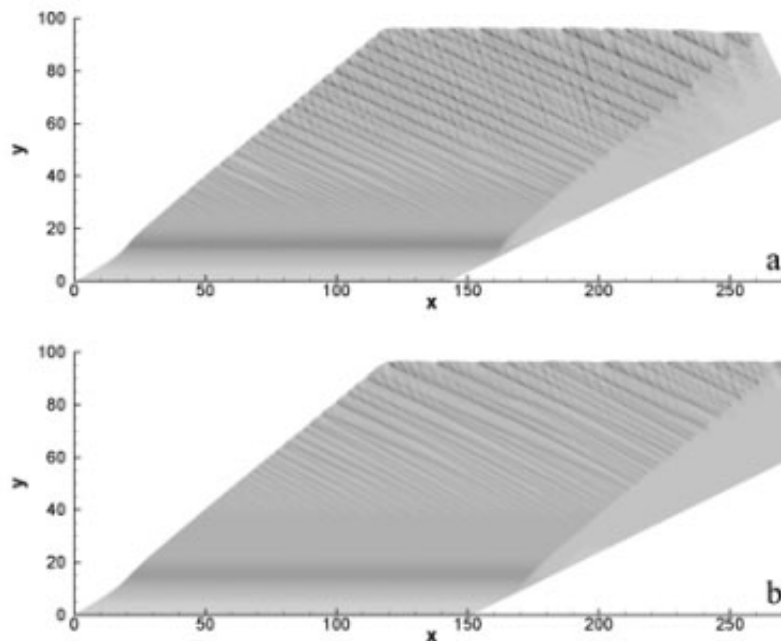


图 2 活化能对斜爆轰胞格结构的影响 (a) 无量纲活化能 31; (b) 无量纲活化能 27.

爆轰波是一种特殊的燃烧波，主要特点是利用激波压缩实现自点火，并在高压下快速放热。作为最迅速的燃烧方式，在发动机中组织爆轰燃烧成为一个困难重重但是极具吸引力的想法，获得了国际学术界的广泛关注。最近几十年，研究者提出了多种基于爆轰燃烧的发动机解决方案，其中斜爆轰冲压推进不仅具有燃烧迅速、热循环效率高的优势，而且结合了常规超燃冲压推进的优点，在马赫数大于10的高超声速推进中具有较大的应用潜力。

由于爆轰波的内在不稳定性，激波和燃烧的耦合结构会失稳形成复杂的胞格结构。在斜爆轰推进中，这种胞格结构会对发动机的燃烧效率和推进性能产生影响，因此成为斜爆轰研究的关键科学问题之一。然而，在高速来流中形成驻定的斜爆轰波非常困难，且波面失稳过程对来流扰动非常敏感，研究难度很大。中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室的激波与爆轰物理课题组，对斜爆轰结构与稳定性开展了研究，在胞格形成机理及其量化规律方面取得进展，可望对斜爆轰冲压推进系统的设计起到推动作用。

以前的研究已经表明斜爆轰波面会在小扰动作用下失稳，说明波面本身是内在不稳定的，但是失稳后的胞格形成机理还不清楚。图1显示了波面失稳后斜爆轰胞格形成的动力学过程。失稳形成的弱横波（TW1-TW4），在向下游传播过程中通过碰撞、合并实现自我强化，进一步发展为较强的左行横波（TWa-TWb）。这种左行横波间距较大，从而

诱导了另一组右行横波的形成，共同构成了斜爆轰胞格的最终形态。这与一般爆轰波起始中，过驱动爆轰波衰减为CJ爆轰波的过程是类似的。因此可以得出结论，高速气流中的斜爆轰波和静止气体中的多维爆轰波的胞格形成机理是一致的。

为了定量地研究斜爆轰波失稳特性，图2利用数值烟迹图（numerical smoke foil record）显示了不同的活化能对斜爆轰胞格结构的影响，可以看到高活化能斜爆轰波容易失稳而低活化能不容易失稳。该研究通过引入复杂流场分析的动态统计方法，首次对失稳后胞格结构形成的定量规律进行了分析。结果显示低活化能条件下，胞格结构的形成规律和失稳规律是定性一致的，但是在高活化能条件下，胞格结构的形成规律和失稳规律出现了偏离。研究结果不仅揭示了胞格形成的复杂性，而且为波面结构的预测提供了依据。

上述研究结果发表在燃烧领域学术期刊Combustion and Flame（Evolution of cellular structure on oblique detonation surfaces. Teng, Honghui; Ng, Hoi Dick; Li, Kang; Luo, Changtong; Jiang, Zonglin. Combustion and Flame, 2015, 162: 470-477.）上，研究得到了国家自然科学基金和中科院青年创新促进会的支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/78355.html>