

CSTAM2012-B03-0304

非均匀温度场的可调谐激光吸收光谱诊断分析及其算法研究

黄天翔¹⁾, 李飞, 余西龙

(中国科学院力学研究所高温气体动力国家重点实验室, 北京 100190)

摘要: 高超声速燃烧问题中因为大量湍流及激波的存在, 温度, 组分的分布存在着极大的不均匀性。如何准确而可靠地诊断这些不均匀参数的分布对诊断超燃发动机燃烧工况具有重要意义。传统的热电偶测温技术由于热电偶的介入会对超声速流场产生重大干扰, 且热电偶的电阻丝可能会被超声速燃烧下的高温流场烧毁或破坏, 因此在超燃流场温度诊断时效果欠佳。而目前诊断超燃流场时使用最多的单通道吸收光谱技术由于检测的是激光路径上的平均值, 其测量结果并不能有效反应流场中的不均匀性。

本文中根据可调谐激光器的吸收光谱特性, 尝试采用多组多波长激光器在二维平面组成激光网格, 通过全局优化算法尝试求得全局不均匀温度场与浓度场的分布。和传统 CT 扫描实验方式相比, 由于单一网格内的温度与浓度参数默认相同, 因此分辨率不如传统 CT 扫描方式, 但是由于激光器与耦合器角度固定, 不需要添加旋转装置, 因此测量时间短, 更适合超燃流场的诊断。

由于本问题中是双参数问题, 温度与浓度的同时求解使得问题变为非线性问题, 同时又由于超燃发动机内空间狭小无法采用传统的多角度扫描办法, 因此只能通过增加不同波长的激光来获得足够的方程数, 传统 CT 扫描中的 ART 算法在这个问题上无法得到足够数量的线性方程, 因此 ART 算法无法适用于该问题。整个问题成为多维空间上的非线性函数的全局最优求解问题。

本文中使用模拟退火算法以及改进的同伦 - 遗传算法两种全局优化算法分别反演全局最优解, 并进行了比较, 事实证明, 经过同伦改进的遗传算法能够更快速, 有效地寻找到全局最优解, 而模拟退火算法计算速度缓慢, 而且由于该问题的未知数数量较大, 求解空间维数很高, 当温度场和浓度场变化较大时, 无法有效跳出局部最优解, 在全局优化反演时效果不佳。

关键词: 非均匀温度场, 可调谐激光吸收光谱, 模拟退火, 同伦

¹⁾ Email: huangtianxiang@imech.ac.cn