

激光聚焦爆炸的热-力学模型及其数值模拟

方新 黄晨光 王文标 段祝平

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

以激光聚焦爆炸过程中工质气体的击穿、电离和气动等过程为背景, 建立了包括激光散射、等离子体形成以及冲击波演化过程的热-力学模型及其基本控制方程组, 对工质气体吸收激光能量的过程以及聚焦区激光支持吸收波的形成和演化过程进行了初步计算模拟。

离子体密度在气体击穿区域或激光支持冲击波的锋面附近存在急剧变化, 其电磁参数和热力学特性的变化尺度与激光波长相当, 因而用于描述平面波传播的几何光学近似也随之失效。为了研究点聚焦区或间断面附近工质电磁参数随激光散射能量分布的变化关系, 结合能量守恒方程和基于 Yee 元胞的时域有限差分方法 (FDTD) 对时间相关的 Maxwell 方程进行直接数值求解, 给出了点聚焦区附近的光强和相位分布。由于激光散射场的特征时间远小于气体运动特征时间, 因此气体运动及其热力学状态与激光散射场的相互作用在数值计算过程中被分解为相互冻结的两步来完成。首先计算非均匀气体介质中的激光散射光强分布, 以达到稳态分布的能流密度分布作为计算工质气体能量运输的热源, 采用 CIP 格式和人工黏性等数值方法模拟电离气体中激光支持冲击波的形成和演化过程; 基于中心轴线上的光强分布和一维数值计算结果, 分析了热波效应对 LSC/LSD 波的影响。