

HMX 炸药颗粒跌落过程中能量耗散和热点形成机制研究

李帅¹, 孟宝清^{2,*}, 田保林³

¹ (中国工程物理研究院研究生院, 北京 100088)

² (中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室, 北京 100190)

³ (北京航空航天大学航空科学与工程学院, 北京 100191)

摘要: 近些年来, 炸药等含能材料在低速冲击作用下的热点生成、点火燃烧甚至是爆轰问题受到了学术界和工业界的广泛关注。通过颗粒间和颗粒内部的耗散机制(摩擦、粘性、塑性、晶粒的变形和断裂等)引起的局部热量梯度化, 而产生的高温区域, 称为热点。目前, 离散元和有限元方法为炸药热点问题主要数值模拟手段。本文首先基于经典的 Hertz-Mindlin 接触理论, 加入了 Thornton 弹塑性接触理论, 改进了碰撞力模型, 考虑了塑性加载力作为耗散力之一, 对炸药热点的贡献。其次, 建立了颗粒温度的控制方程, 不同种类耗散功(滑动摩擦力做功、滚动摩阻力偶做功和塑性功), 以及颗粒之间传热作为控制方程中的热源项。进一步, 本文通过设计不同初始条件下的算例, 完成了对碰撞力模型和温度控制方程的验证。最后, 我们基于以上的碰撞力模块和颗粒温度更新模块, 讨论不同颗粒的尺寸、加载条件, 以及不同缺陷形状对热点的形成过程的影响。并基于以上物理过程, 量化耗散过程和传热过程对诱发“热点”的贡献, 解释其内在的物理机制。

关键词: 离散元方法; HMX 炸药; 炸药热点; 塑性功; 颗粒传热