

# HE

(1) 质量方程 (Rayleigh equation)

$$D - U_0 = V_0 \sqrt{\frac{p - p_0}{V_0 - V}} \quad (6.1)$$

(2) 动量方程

$$U - U_0 = (V_0 - V) \sqrt{\frac{p - p_0}{V_0 - V}} \quad (6.2)$$

(3) 能量方程 (Rankine-Hugoniot equation)

$$e - e_0 = \frac{1}{2}(p + p_0)(V_0 - V) \quad (6.3)$$

(4) 用压力和比容表示的爆炸气体状态方程

C-J 假设 (Chapman-Jouguet Hypothesis)

对于稳定传播的爆炸波, Rayleigh 曲线必须与气态反应生成物的 Hugoniot 曲线相于 C-J 点。  
(Mader, 1979; 1998)

对 C-J 点处的压力 (C-J 压力) 而言, HE 的初始压力  $P_0$  非常小, 而且可以被忽略。(Zhang, 1976; Mader, 1998)

控制方程

$$\begin{cases} \frac{d\rho}{dt} = -\rho \nabla \cdot \mathbf{v} \\ \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla \cdot p \\ \frac{de}{dt} = -\frac{p}{\rho} \nabla \cdot \mathbf{v} \\ p = p(\rho, e) \end{cases} \quad (6.4)$$

状态方程 (State equation)

TNT 爆轰速度为  $6930m/s$  对于爆炸气体, 可使用标准的 Jones-Wilkins-Lee 状态方程 (Dobratz, 1981)。爆炸气体的压力可由下式得出

$$p = A \left(1 - \frac{\omega\eta}{R_1}\right) e^{-\frac{R_1}{\eta}} + B \left(1 - \frac{\omega\eta}{R_2}\right) e^{-\frac{R_2}{\eta}} + \omega\eta\rho_0 e \quad (6.5)$$

表 6.1 TNT 材料参数和由实验所获得的状态方程中的相应系数

符号	意义	值
$\rho_0$	初始密度	$1630kg/m^3$
D	爆轰速度	$6930m/s$
$P_{CJ}$	C-J 压力	$2.1 \times 10^{10}Pa$
A	拟合系数	$3.712 \times 10^{11}Pa$
A	拟合系数	$3.712 \times 10^{11}Pa$
$R_1$	拟合系数	4.15
$R_2$	拟合系数	0.95
$\omega$	拟合系数	0.30
$E_0$	单位质量的爆轰能量	$4.29 \times 10^6 J/kg$