

## 从日照 LPG 爆炸谈起（2）

### ----BLEVE 火球热辐射及影响

#### 1. BLEVE火球热辐射模型

Cowley 和 Bagster 分别对 BLEVE 热辐射模型进行了评估。本文介绍的 BLEVE 热辐射模型是 TNO[3]提出的。该模型的计算分为两步，14 个步骤：

- 计算 BLEVE 火球的尺寸、持续时间和升空高度；
- 计算 BLEVE 火球在某一点的辐射通量。



## 2. BLEVE火球热辐射计算

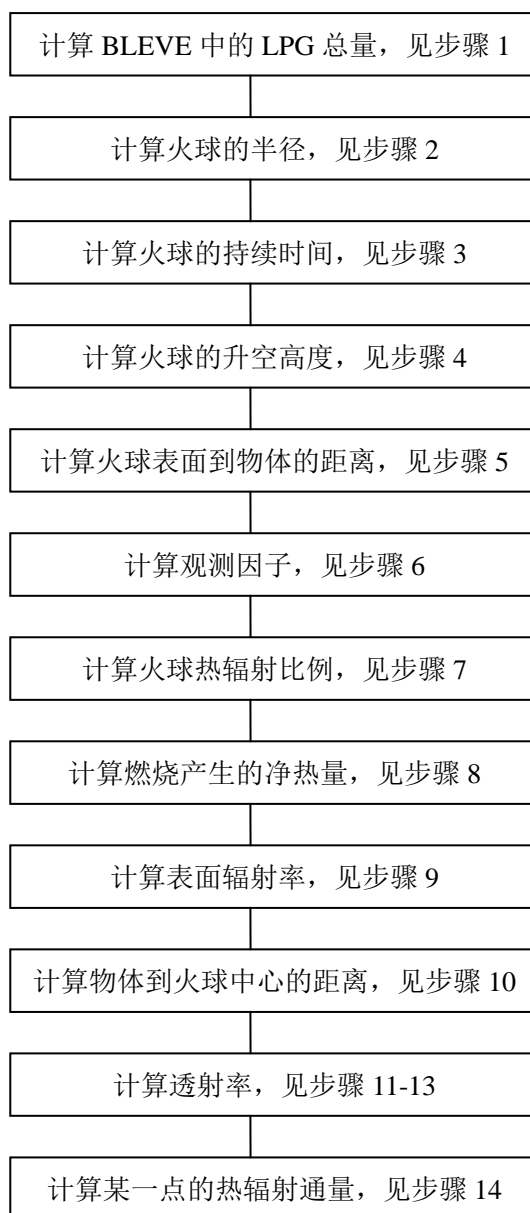


图 1 BLEVE 热辐射模型计算过程

### 2.1 计算 BLEVE 火球的尺寸、持续时间和升空高度

步骤 1 计算储罐完全破裂后泄漏的 LPG 总量  $m$ 。

$$m = f \times V \times \rho_{mat} \quad (1)$$

式中  $m$  是泄漏的可燃物总质量 (kg);  $f$  是可燃物在容器中占的体积比;  $\rho_{mat}$  是容

器中液体的密度 (kg/m<sup>3</sup>)。

步骤 2 计算火球的半径  $r_{fb}$

$$r_{fb} = 3.24 \times m^{0.325} \quad (2)$$

式中  $r_{fb}$  是火球的半径 (m);  $m$  是泄漏的可燃物总质量 (kg)。

步骤 3 计算火球的持续时间  $t$

$$t = 0.852 \times m^{0.26} \quad (3)$$

式中  $t$  是火球的持续时间 (s)。

步骤 4 计算火球被抬升的高度  $H_{bleve}$ , 利用 Bagster 提出的计算公式计算[2,4], 见式(4):

$$H_{bleve} = 2 \times r_{fb} \quad (4)$$

式中  $H_{bleve}$  是从火球中心到地面的高度 (m)。

## 2.2 计算 BLEVE 火球在某一点的辐射通量<sup>[3,4]</sup>

步骤 5 计算火球中心距观测者的距离  $X$

$$X = \sqrt{x_{bleve}^2 + H_{bleve}^2} \quad (5)$$

式中  $x_{bleve}$  是观测者到火球中心点的水平距离,  $X$  是观测者到火球中心点的直线距离。

步骤 6 计算观测因子  $F_{view}$

$$F_{view} = (r_{fb}/X)^2 \quad (6)$$

步骤 7 计算 BLEVE 火球的热辐射比例  $F_s$

$$F_s = 0.00325 \times (P_{sv})^{0.32} \quad (7)$$

式中  $P_{sv}$  是容器内部的蒸汽压力 (N/m<sup>2</sup>)。

步骤 8 计算燃烧产生的净热量  $\Delta H$

$$\Delta H = \Delta H_c - \Delta H_v - C_p \times \Delta T \quad (8)$$

式中  $\Delta H_c$  是物质的焓 (J/kg);  $\Delta H_v$  是物质的蒸发焓 (J/kg);  $C_p$  是物质的比热容

(J/(kg/K)) ;  $\Delta T$  是火焰温度与环境温度之差，一般假定为 1700K。

步骤 9 计算表面辐射率  $SEP_{act}$

$$SEP_{act} = \Delta H \times m \times F_s / (4 \times \pi \times r_{fb}^2 \times t) \quad (9)$$

式中  $SEP_{act}$  是实际的表面辐射率 (J/(m<sup>2</sup>.s))；Fs 是火焰表面热辐射因子 (0.1-0.4)；

$r_{fb}$  是火球的半径 (m)。

步骤 10 计算观测者到火球表面的直线距离 x

$$x = X - r_{fb}$$

(10)

步骤 11 计算环境温度下水的分压  $P_w$

$$p_w = RH \times p_w^0 \quad (11)$$

式中  $P_w$  是环境温度 Ta 下水的分压 (N/m<sup>2</sup>)；RH 是相对湿度 (0-1)； $p_w^0$  是环境温度 Ta 下水的饱和蒸汽压 (N/m<sup>2</sup>)。

步骤 13 计算大气透射率  $\tau_a$ ，利用 Bagster 提出的公式计算[2,4]，见式 (12)：

$$\tau_a = c_7 \times (p_w \times x)^{-0.09} \quad (12)$$

式中  $c_7$  是  $2.02(N/m^2)^{0.09} \times m^{0.09}$ ，x 是距离 (m)。

步骤 14 计算距离火焰 x 处的最大辐射通量  $q''$

$$q'' = SEP_{act} \times F_{view} \times \tau_a \quad (13)$$

式中  $SEP_{act}$  是实际的表面辐射率 (J/(m<sup>2</sup>.s))； $q''$  是热辐射通量 (J/(m<sup>2</sup>.s))；Fview 是观测因子。

### 3. 热辐射影响模型

热辐射的影响预测如图 2 所示：

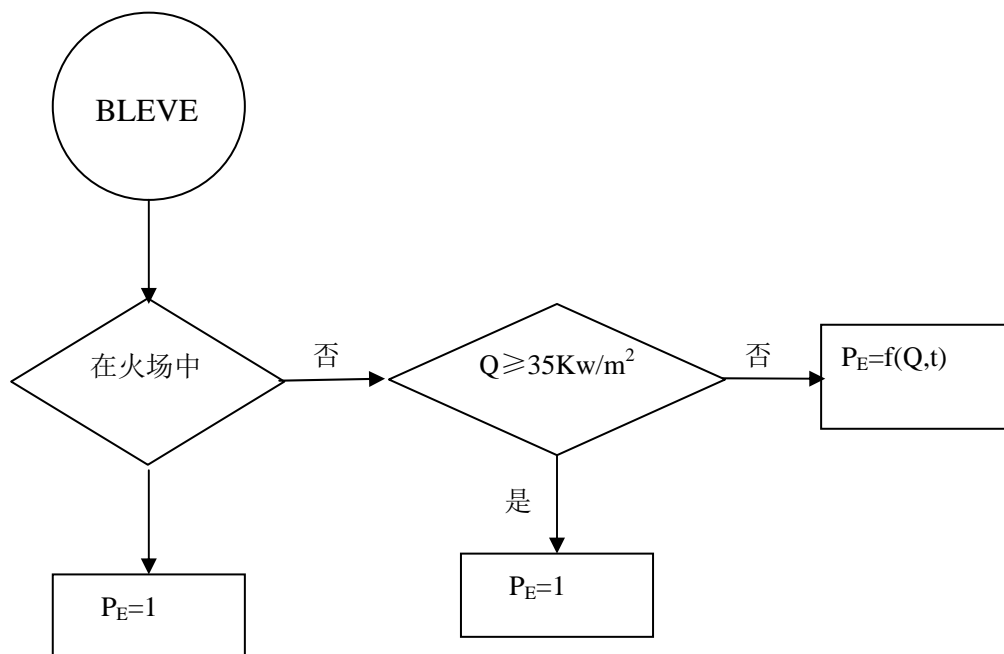


图 2-池火热辐射影响图

当人处于火场当中是人的致死概率为  $PE=1$ ；

当人不处于火场当中时，如果 BLEVE 火球辐射通量  $\geq 35Kw/m^2$ ，那么人的致死概率为  $PE=1$ ；

当人不处于火场当中，如果 BLEVE 火球辐射通量  $< 35Kw/m^2$ ，那么人的致死概率为  $PE=f(Q,t)$ 。

其中  $PE=f(Q,t)$  是 A.M.Stoll 和 M.A.Chianta 研究提出了暴露于火焰热辐射下的死亡概率公式：

$$P_e = -36.38 + 2.56 \ln(Q^{4/3} \times t) \quad (14)$$

式中  $P_e$  是暴露于火场外人的致死概率值， $Q$  是指热辐射通量， $W/m^2$ ； $t$  是暴露时间，

s。

康安保化工安全咨询有限公司是专业从事工艺安全及风险管理的公司，主要致力于危险与可操作性分析（HAZOP）、安全完整性等级（SIL）评估、定量风险评估（QRA）、运行阶段工艺安全分析（OPS）、工艺安全审核和HSE量化审核等工艺风险管理和QHSE咨询服务。

目前，康安保公司分别在北京、上海、青岛和成都设有办公室，整个公司的技术团队有SHELL（壳牌）、DNV（挪威船级社）、BP（英国石油）、WorleyParsons（新加坡沃利帕森）、Capgemini（法国凯捷）、SINOPEC（中国石化）、Petrochina（中国石油）等工程技术背景的人员组成。



安全是我们的信仰！

Safety is Our Belief!

如您需要任何信息，欢迎您与康安保公司联系：

李奇

技术总监

康安保化工安全咨询有限公司

手机：18611947316

Q Q:121438347

Blog: [blog.sina.com.cn/hsse](http://blog.sina.com.cn/hsse)

E-mail: [Service@qdhse.com](mailto:Service@qdhse.com)