

## 6.2 污染物落地浓度计算（二）烟气抬升高度

### 6.2.1 烟气抬升高度及其影响因素

- 通过烟囱排出的烟气通常都具有一定的速度和温度。在动力及浮力作用下，烟气在离开烟囱口以后，仍然要向上冲出一定的高度，然后再沿风的方向扩散。
- 烟气在水平方向的扩散称为烟羽。烟羽轴线与烟囱口间的距离称为烟羽抬升高度 $\Delta H$ 。烟气所达到的高度称为有效源高，因此，有效源高度 $H$ （m）等于烟囱实体高度 $H_s$ （m）与烟气抬升高度 $\Delta H$ （m）之和，即：

$$H = H_s + \Delta H \quad (2-1)$$

- 对于一般的烟囱， $H_s$ 为一定值。因此，只要计算出 $\Delta H$ ，有效源高就可随之而定。
- 影响烟气抬升和扩散的因素主要是排放因素、气象因素及下垫面状况：
  - 排放因素：烟流喷速和烟气温度。
  - 气象因素：平均风速（ $\bar{u}$ ）、湍流强度、环境空气温度、大气稳定度以及逆温层等。
  - 下垫面状况：主要是指地形及建筑物构型。
- 图8-19（a）：烟流喷出速度愈快或烟气温度与周围空气温度之差越大，在中低风速下，烟气抬升高度越大。
- 图8-19（b）：平均风速越大，湍流越强，空气与烟气的混合就越快，此时温度和动量就迅速减小，抬升就小。
- 图8-19（c）和（d）：逆温层及逆温层消散前后的不利气象因素阻止烟流的抬升，因而烟气向地面扩散。
- 图8-19（e）和（f）：不利的工厂因素和地形因素引起烟流下沉，影响烟流抬升。

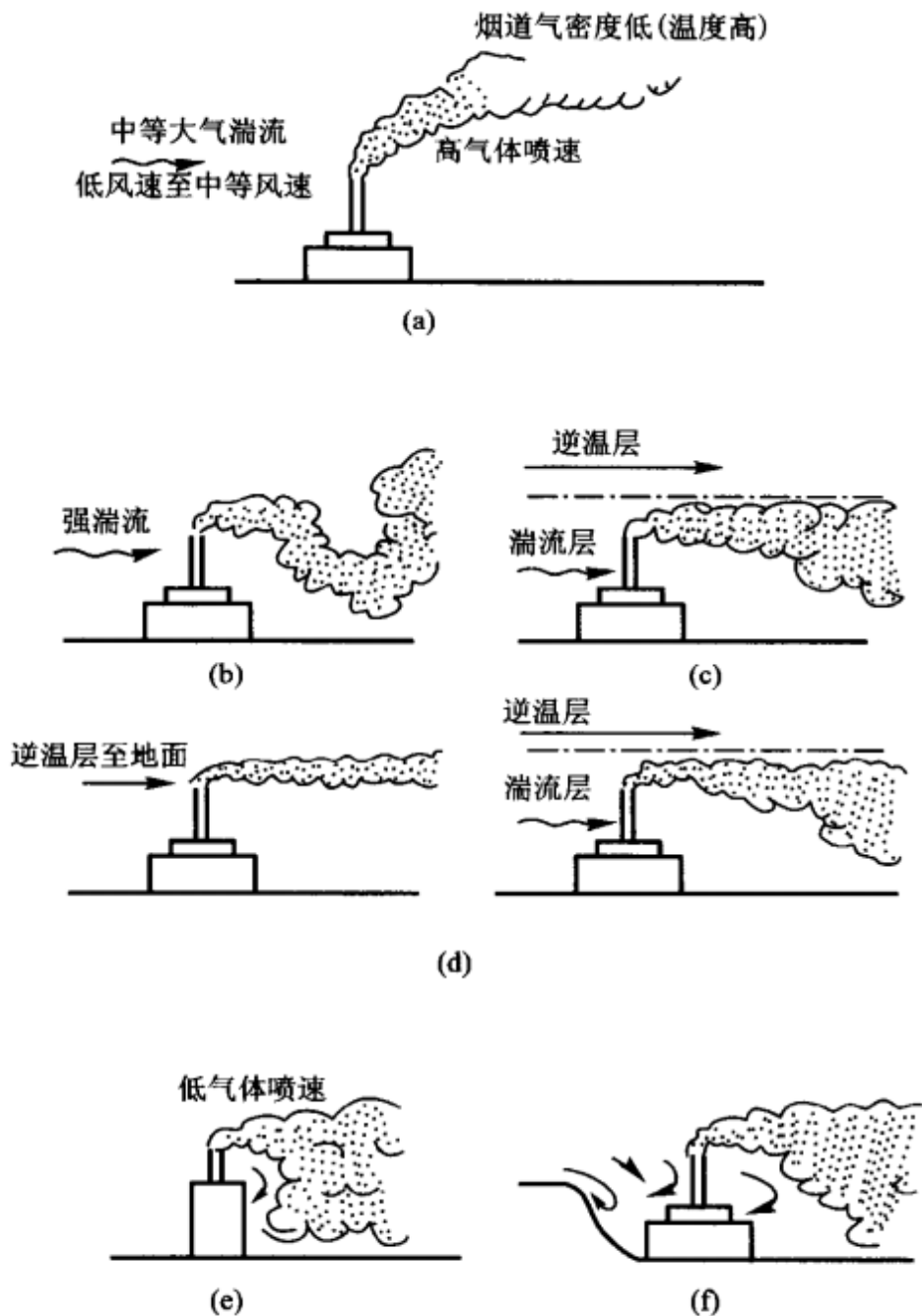


图 8-19 影响烟气抬升和扩散的有利和不利因素

(a) 有利的建筑物构型(高烟囱);(b) 强大气湍流;(c) 逆温层;(d) 逆温层消散之前和之后的不利气象因素;(e) 不利的建筑物构型(低烟囱);(f) 不利的地形因素

## 6.2.2 烟气抬升高度的计算公式

### 6.2.2.1 我国国标 (GB3840-83) 推荐公式

- 当  $Q_h \geq 500 \times 4.18 kJ/s$  或  $T_s - T_a \geq 35K$  时, 有:

$$\Delta H = n_0 Q_h^{n_1} H_s^{n_2} \bar{u}^{-1} \quad (2-2)$$

$$Q_h = 0.35 p_a Q_v \frac{\Delta T}{T_s} \quad (2-3)$$

$$\Delta T = T_s - T_a$$

- $n_0$ : 烟气热状况及地表系数, 见表2-1。
- $n_1$ : 烟气热释放率指数, 见表2-1。
- $n_2$ : 排气筒高度指数, 见表2-1。
- $Q_h$ : 单位时间内排出烟气的热量,  $kJ/s$ 。
- $H_s$ : 排气筒距地面几何高度, m, 超过240m时, 取 $H_s = 240m$ 。
- $p_a$ : 大气压力, kPa, 如无实测值, 可取邻近气象台(站)季或年平均值。
- $Q_v$ : 实际排烟率,  $m^3/s$ 。
- $\Delta T$ : 烟气出口温度与环境温度差, K。
- $T_s$ : 烟气出口温度, K。
- $T_a$ : 环境大气温度, K, 如无实测值, 可取邻近气象台(站)季或年平均值。
- $\bar{u}$ : 排气筒出口处平均风速, m/s。

表2-1 $n_0$ 、 $n_1$ 、 $n_2$ 的选取				
$Q_h/(kJ/s)$	地表状况 (平原)	$n_0$	$n_1$	$n_2$
$Q_h > 5000$	农村或城市远郊区	1.427	1/3	2/3
	城市及近郊区	1.303	1/3	2/3
$2100 \leq Q_h < 21000$ 且 $\Delta T \geq 35K$	农村或城市远郊区	0.332	3/5	2/5
	城市及近郊区	0.292	3/5	2/5

- 当 $Q_h < 500 \times 4.18kJ/s$ 或 $T_s - T_a < 35K$ 时, 有:

$$\Delta H = \frac{2(1.5\nu_s D + 0.01Q_h)}{\bar{u}} \tag{2-4}$$

- $\nu_s$ : 烟气喷出速度, m/s。
- $D$ : 烟窗口内径, m。

6.2.2.2 霍兰德公式

$$\begin{aligned} \Delta H &= \frac{\nu_s D}{\bar{u}} \left( 1.5 + 2.7 \frac{T_s - T_a}{T_s} D \right) \\ &= (1.5\nu_s D + 9.6 \times 10^{-6} Q_h) / \bar{u} \end{aligned} \tag{2-5}$$

- 式 (2-5) 适用于中性条件。考虑大气稳定度的影响, 霍兰德建议:
  - 在大气不稳定时:  $\Delta H$ 增加10%~20%。
  - 大气稳定时减少10%~20%。
  - 常用的校正系数取值如表2-2所示。

表2-2 $\Delta H$ 的校正系数				
稳定度差别	A,B	C	D	E,F
$\Delta H$ 的校正系数	1.15	1.10	1.0	0.85

- 研究发现, 霍兰德公式对大多数热源烟气抬升高度估算值偏低2~3倍。故在我国国标 (GB3840—83) 中规定: 在当 $Q_h < 500 \times 4.18kJ/s$ 或 $\Delta T < 35K$ 时, 仍用霍兰德公式, 但取其计算值的2倍作为 $\Delta H$ 。

### 6.2.2.3 博山克特公式

- 它是博山克特等人在1950年最早发表的一个理论公式。该式把烟气抬升高度（ $\Delta H$ ）分成为由喷速引起的动力抬升高度（ $\Delta H_m$ ）和由温差引起的浮力抬升高度（ $\Delta H_n$ ）两个部分，即：

$$\Delta H = \Delta H_m + \Delta H_n$$

$$\Delta H_m = \frac{4.77}{1 + \frac{0.43\bar{u}}{\nu_s}} \frac{\sqrt{Q_0\nu_s}}{\bar{u}} \quad (2-6)$$

$$\Delta H_n = 6.37g \frac{Q_0\Delta T}{\bar{u}^3 T_a} \left( \ln J^2 + \frac{2}{J} - 2 \right) \quad (2-7)$$

$$J = \frac{\bar{u}}{(Q_0\nu_s)^{1/2}} \left( 0.43\sqrt{\frac{T_a}{g(dQ/dz)}} - 0.28\frac{\nu_s}{g} \cdot \frac{T_a}{\Delta T} \right) + 1 \quad (2-8)$$

- $Q_0$ : 温度在 $T_a$ 时的排气量,  $m^3/s$ 。
- $g$ : 重力加速度,  $m/s^2$ 。
- $dQ/dz$ : 位温梯度,  $K/m$ :
  - 超绝热和中性:  $dQ/dz = 0.003K/m$ 。
  - 等温:  $dQ/dz = 0.01K/m$ 。
  - 中等逆温:  $dQ/dz = 0.02 \sim 0.03K/m$ 。
- 本公式计算结果偏高, 一般需乘以0.65的修正系数, 即:

$$\Delta H = 0.65(\Delta H_m + \Delta H_n) \quad (2-9)$$

- 博山克特公式特别适用于大而强的热源。