

中华人民共和国行业标准

HG

国际通用设计体制和方法

HG/T 20570—95

工艺系统工程设计 技术规定

1996—05—02 发布

1996—09—01 实施

中华人民共和国化学工业部 发布

中华人民共和国行业标准

工艺系统工程设计技术规定

HG/T 20570—95

主编单位：化工部工艺系统设计技术中心站

批准部门：化 学 工 业 部

实施日期：一 九 九 六 年 九 月 一 日

化工部工程建设标准编辑中心

1996 北 京

火炬系统设置

HG/T 20570.12-95

编制单位：中国寰球化学工程公司

批准部门：化 学 工 业 部

实施日期：一九九六年九月一日

编制人：

中国寰球化学工程公司 姚桂华

审核人：

化工部工艺系统设计技术中心站 封淑元 龚人伟

1 应用范围和分类

1.0.1 本规定适用于处理石油化工厂、炼油厂当发生事故时或在正常生产中排放的大量易燃、有毒、有腐蚀性气体的火炬系统的设计。

1.0.2 火炬系统通常由火炬气分离罐、火炬气密封罐、火炬烟囱、火炬管道四个部分组成。

1.0.3 火炬型式可分为高空火炬和地面火炬。高空火炬由烟囱(包括牵索支撑和自由支撑两种)、火炬头、长明灯、辅助燃料系统、点火器及其它辅助设备组成。

1.0.4 地面火炬不能用于有毒物质的焚烧。地面火炬周围最小无障碍区的半径为76m~152m,且应设围墙以确保安全。

2 火炬系统的设计

2.0.1 火炬系统的设计原则

不同处理的介质和不同工作条件有不同的火炬系统。在开车、正常运行、停车和事故时排放的气体均要送火炬处理。

2.0.1.1 以各种情况下最大排放量来进行火炬系统处理能力的设计,同时要保证在一个宽的流量范围内系统运行良好。火炬系统本身要保证生产装置安全运行,并应考虑对环境的影响,消除和尽量减少对大气的污染、噪声等。

(1) 当两个火炬集中布置时,火炬的间距应使一个火炬燃烧最大气量时所产生的辐射热,不影响另一个火炬检修工作的进行。

(2) 火炬的防空标志和灯光保护按有关规定执行。

2.0.1.2 安全阀和控制阀的排放系统管道

(1) 安全阀和控制阀排放系统按有关规定来设计。该排放系统若与火炬系统相连,其管道材质不能低于碳钢,对于可能产生低温和高温的部分要做应力分析计算,选用适宜的材质和进行相应的加工处理。

(2) 排放管道最好从上方与火炬系统总管相连,而且与总管有一倾斜角度,以免产生排气、排液死角。

2.0.1.3 火炬总管

(1) 排放气按介质状态分为以下四种情况:

- a. 热气体($t \geq 0^{\circ}\text{C}$,含水或不含水);
- b. 冷气体($t < 0^{\circ}\text{C}$);
- c. 冷气体和热气体都有,但不含水;
- d. 液体排放系统。

排放气介质四种状态的任何一种情况,设置一根总管。如果是上述几种情况的组合,则要分开设置干火炬系统和湿火炬系统。当两股物流相混可能产生固体或者发生危险的物理或化学变化时,两股物料要分开。如果由于两股物料混合使管道尺寸加大很多或使管道材质升级时,两股物料也要分开。一般排放的液体与排放的气体是分开的,对于带有液体的物流要设分离设施和单独的液相系统。

(2) 火炬总管到分离器要有一定坡度以便排液,坡向分离器坡度不小于0.2%,对于排液死角要设排液口并将排出液回收储存。

(3) 要考虑温度对管路的影响,设置温度补偿的膨胀节,一般用环形的,特殊情

况下用波纹形膨胀器。如果总管与总管相接或总管与支管相接,其接头处材质取两者材质高者,且其长度在接头处上游至少要有 5m。

(4) 为避免火炬系统发生内爆炸或产生其它不安全因素,火炬气总管的上游最远端设有固定的吹扫设施,该吹扫设施包括一个流量计,一个止回阀和一个手动调节阀门。所有的火炬总管都应设氮气吹扫用软管接口。常用的吹扫气首选为可燃气体(如燃料气),但对于低温管线,吹扫气在最低温度时应不发生部分或全部冷凝,对此一般采用氮气吹扫,吹扫气速在最大火炬总管内为 0.03m/s 。如果火炬系统设有水(液)封,则水封上游吹扫气速为 0.01m/s 。对于低火炬和富氢排放气则要提高吹扫气气速。若无水封,则吹扫气应优先选用可用的最重气体作为吹扫气,并要安装低流量报警和指示真空度的低压报警,以防空气倒流入火炬系统。

2.0.1.4 火炬气分离罐

(1) 每根火炬排放气总管都应设分离罐,用以分离气体夹带的液滴或可能发生的两相流中的液相。为防止产生“火雨”,分离罐的分离能力为至少将 $\geq 400\mu\text{m}$ 的液滴分离下来,最好将 $\geq 150\mu\text{m}$ 的液滴也分离下来,尽量减少液滴夹带。分离罐选用直径一般为其长度的 $1/2\sim 1/3$,并为火炬总管尺寸的 $3\sim 4.5$ 倍。

(2) 分离罐的尺寸是以排放物流中最大排液量计算,储存 $10\sim 30\text{min}$ 的排液量,一般取 20min 。

(3) 如果已另外设置了单独的液相收集系统,或者在最大火炬负荷的紧急情况下也不会有大量的两相流排出,此时可以让排放物流不经分离罐,只设一个与液体收集系统相连的集液管就可以了。

(4) 集液系统要设一台排液泵,泵一般为离心式,与事故电源相连,不设置备用泵,选用泵的能力应估计到事故时夹带的液量,约半小时内能将分离罐中液体排完。泵的扬程按排放液体中最小重度的液体计算,电机功率以排放液体中最大重度的液体计算。

2.0.2 火炬计算

火炬的计算包括烟囱的直径、烟囱的高度。火炬头由制造厂商设计。火炬的几何参数图见图 2.0.2-1 所示。

2.0.2.1 简单近似算法

(1) 火炬烟囱直径计算

火炬烟囱直径的大小,取决于烟囱内流体的速度,该速度的选取是根据允许压力降。一般在决定火炬烟囱尺寸时,可按如下考虑:正常排放时,出口处气体流速应在0.2马赫数乘声速以下;事故或紧急排放时,其流速应在0.5马赫数乘声速以下。此时,烧嘴压力降在0.01~0.05MPa,水封压力降在0.005~0.015MPa,火炬主管压力降在0.01~0.05MPa,最后必须检查火炬系统总压力降与安全阀背压之间的关系。火炬烟囱的直径要不小于火炬系统总管的直径,以免由于排放气夹带液滴而形成“火雨”。

计算火炬烟囱直径的公式推导如下:

$$Mach = 11.61 \times 10^{-2} \frac{W_j}{P_j d_j^2} \cdot \sqrt{\frac{T_j}{k_j M_j}} \quad (2.0.2-1)$$

由式(2.0.2-1)整理得:

$$d_j = \left[\frac{11.61 \times 10^{-2} W_j}{P_j \cdot Mach} \cdot \sqrt{\frac{T_j}{k_j M_j}} \right]^{0.5} \quad (2.0.2-2)$$

式中

d_j ——火炬烟囱顶部内径,m;

W_j ——火炬气排放流量,kg/s;

P_j ——火炬顶部内侧火炬气的压力,kPa;

$Mach$ ——马赫数,火炬气流速与该流体声速的比值,无因次;

M_j ——火炬气的平均分子量;

T_j ——火炬气温度,K;

k_j ——火炬气的绝热指数, $k_j = C_p / C_v$ 。

(2) 火炬烟囱高度的计算

a. 火焰长度的计算

火焰长度与火炬气燃烧释放的热量有关,火焰长度(l)与火炬气释放热量(Q)的关联图,见图2.0.2-2所示。

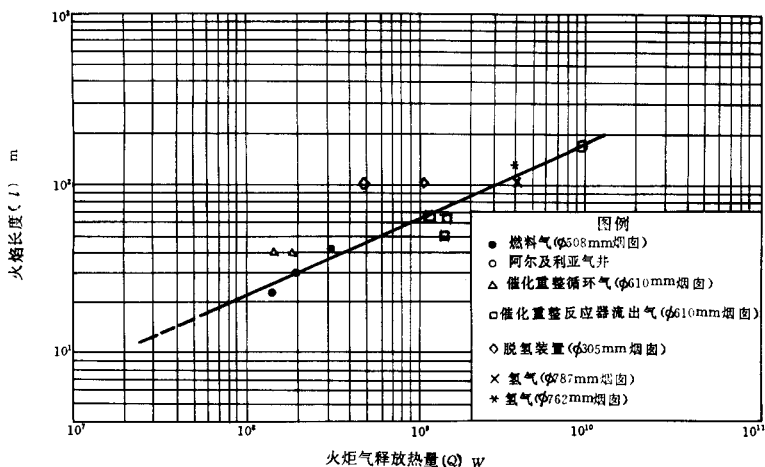


图 2.0.2-2 火焰长度与释放热量关联图

b. 由风引起的火焰倾斜的计算

(a) 体积流量的计算见式(2.0.2-3)

$$V = W_i \left(\frac{22.4}{M_i} \right) \left(\frac{T_i}{273} \right) \quad (2.0.2-3)$$

式中

V ——体积流量, m^3/s ;

T_i ——火炬气温度, K。

(b) 由风引起的火焰倾斜的计算

火炬气在火炬烟囱出口处的速度(U_i), 由式(2.0.2-4)计算:

$$U_i = \frac{V}{\frac{1}{4} \pi d_i^2} \quad (2.0.2-4)$$

已知火炬气在火炬烟囱出口处的速度(U_i), 则其与风速(U_x)之比 U_x/U_i , 由图 2.0.2-3 可查得 $(\Delta X/L)$ 和 $(\Delta Y/L)$, 即可计算火焰横向偏距(ΔX)、纵向偏距(ΔY)。火焰偏距与 U_x/U_i 关联图见图 2.0.2-3 所示。

风速(U_x)的选取是依据当地的气象条件, 取年平均最大风速。不同高度的风速根据风速及风速随高度变化系数(K_z)计算。风速高度变化系数(K_z)的值见表 2.0.6-1。

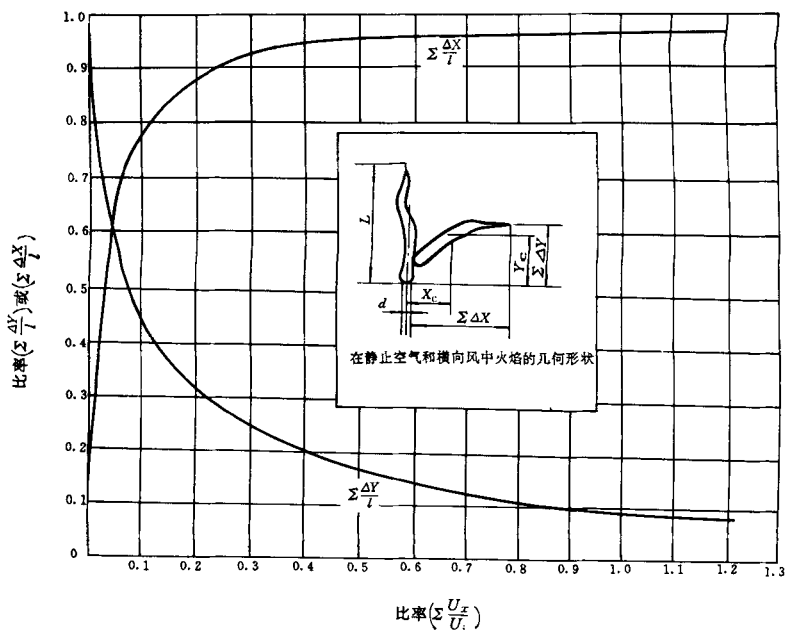


图 2.0.2-3 火炬偏距与风速关联图(无因次)

c. 火炬烟囱高度的计算

由图 2.0.2-1 可以看出 H' 、 H 、 R' 、 R 、 ΔX 、 ΔY 与 D 之间有如下关系:

$$H' = H + \frac{1}{2} \Delta Y \quad (2.0.2-5)$$

$$R' = R - \frac{1}{2} \Delta X \quad (2.0.2-6)$$

$$D^2 = R'^2 + H'^2 \quad (2.0.2-7)$$

由上式整理得:

$$H = \sqrt{D^2 - (R - \frac{\Delta X}{2})^2} - \frac{\Delta Y}{2} \quad (2.0.2-8)$$

当已知 ΔX 、 ΔY 、 D 、 R , 则可以求得火炬烟囱高度(H)。

(3) 简单近似计算法归纳

a. 所需基础数据如下:

W_j ——火炬气排放量, kg/s;

P_j ——火炬烟囱内侧的火炬气压力, kPa;

$Mach$ ——马赫数,无因次;

M_j ——火炬气的平均分子量;

T_j ——火炬气温度, K;

k_j ——火炬气的绝热指数, $k_j = C_p/C_v$;

R ——无障碍区域半径, m;

h_j ——火炬气低热值, kJ/kg;

U_x ——设计风速, m/s;

F ——热辐射因子;

K ——最大允许热辐射强度, kW/m²;

τ ——热辐射强度传递因子。

b. 计算内容:

$$\text{火炬烟囱直径: } d_j = [11.61 \times 10^{-2} \frac{W_j}{P_j \cdot M_{ach}} \times (\frac{T_j}{k_j M_j})^{0.5}]^{0.5}$$

$$\text{火炬气放热量: } Q = h_j \cdot W_j$$

$$\text{火焰中心到地面界区的距离: } D = (\frac{\tau F Q}{4\pi K})^{0.5}$$

$$\text{风速与火炬气速度之比: } U_x/U_j$$

由图 2.0.2-3 查得 ΔX 、 ΔY

$$\text{火炬烟囱高度: } H = [D^2 - (R - \frac{1}{2}\Delta X)^2]^{0.5} - \frac{\Delta Y}{2}$$

2.0.2.2 布鲁托斯基和索麦尔近似算法^①

(1) 火炬烟囱直径的计算

火炬烟囱直径的计算方法与简单近似算法相同, 见 2.0.2.1(1) 规定。

(2) 火炬烟囱高度的计算

a. 火焰中心的确定及火焰偏距的计算

$$\text{声速 } C = 91.2 (\frac{k_j T_j}{M_j})^{0.5} \quad (2.0.2-9)$$

火炬烟囱出口速度 (U_j) 为

$$U_j = Mach \times \text{声速} \quad (2.0.2-10)$$

对于火炬气, 爆炸下限参数 ($\bar{C}_l$) 为

$$\bar{C}_l = C_l (\frac{U_j}{U_x}) (\frac{M_j}{M_x}) \quad (2.0.2-11)$$

^① 布鲁托斯基, 即 Brzustowski, 索麦尔即 Sommer.

式中

C_i ——火炬气在空气中的爆炸下限, 体积%;

M_x ——空气的平均分子量, 取为 29;

U_x ——风速, m/s;

火炬气(混合气)在空气中的爆炸下限(C_i), 其值按下式计算:

$$C_i = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{C_{fi}}} \quad (2.0.2-12)$$

式中

C_{fi} ——火炬气各组份的爆炸下限, 体积%;

Y_i ——火炬气各组份的分子分数。

风推力和喷射推力($d_j R$)值按下式计算:

$$d_j R = d_j \left(\frac{U_j}{U_x} \right) \left(\frac{T_x M_j}{T_j} \right)^{0.5} \quad (2.0.2-13)$$

式中

T_x ——空气温度, K;

d_j ——火炬烟囱直径, m。

已知 $\bar{C}_i$ 、 $d_j R$ 值, 可以由 2.0.2-4 和图 2.0.2-5 求得火焰横向偏距(X_c)值、纵向偏距(Y_c)值。

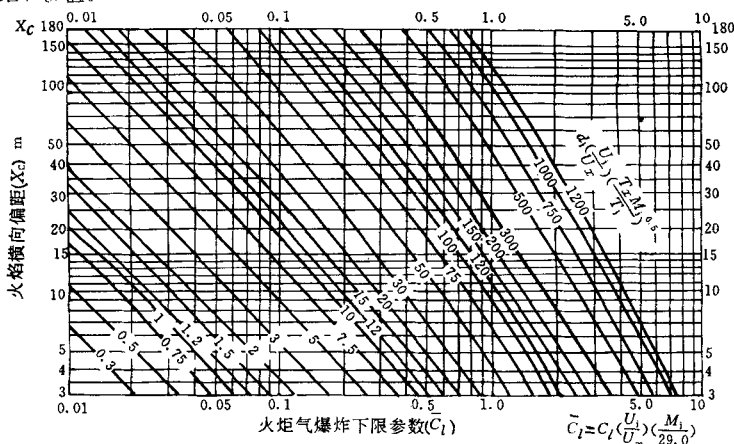


图 2.0.2-4 火焰横向偏距(X_c)与 $d_j R$ 、 $\bar{C}_i$ 关联图

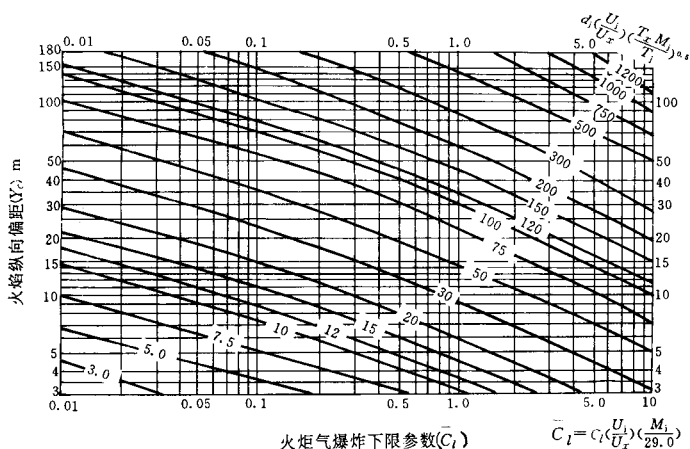


图 2.0.2-5 火焰纵向偏距(Y_c)与 d, R, C_1 关联图

b. 火焰中心到地面边界距离的计算

$$D = \sqrt{\frac{\tau F Q}{4\pi K}} \quad (2.0.2-14)$$

c. 火炬烟囱高度的计算

由图 2.0.2-1 可以看出 H', H, R', R, X_c, Y_c 和 D 之间有如下关系

$$H' = H + Y_c \quad (2.0.2-15)$$

$$R' = R - X_c \quad (2.0.2-16)$$

$$D^2 = R'^2 + H'^2 \quad (2.0.2-17)$$

由上三式整理得:

$$H = \sqrt{D^2 - (R - X_c)^2} - Y_c \quad (2.0.2-18)$$

已知 D, R, X_c 和 Y_c 可以求得火炬烟囱高度(H)。

火炬烟囱的高度(H)与所选的计算标准有关,当辐射强度(K)为最大允许热辐射强度时,(H)为火炬烟囱最低的极限高度。 K 值根据工程的具体情况来选定。

(3) 布鲁托斯基和索麦尔近似算法归纳

a. 计算所需基础数据如下:

W_j ——火炬气流量, kg/s;

M_j ——火炬气平均分子量;

M_x ——空气的平均分子量;

U_x ——平均风速, m/s;

P_j ——火炬顶部内侧火炬气的压力, kPa;

γ ——平均相对湿度;

h_j ——火炬气低热值, kJ/kg;

k_j ——火炬气绝热指数;

C_i ——火炬气在空气中的爆炸下限浓度, 体积 %;

T_j ——火炬气温度, K;

T_x ——空气温度, K;

K ——最大允许热辐射强度, kW/m²;

τ ——热辐射强度传递因子;

$Mach$ ——马赫数, 无因次;

F ——热辐射因子;

R ——无障碍区域半径, m;

b. 计算内容

火炬气放热量: $Q = W_j \cdot h_j$

火焰中心到地面界区的距离: $D = \left(\frac{\tau F Q}{4\pi K} \right)^{0.5}$

火炬烟囱直径

$$d_j = [11.61 \times 10^{-2} W_j \frac{(\frac{T_j}{k_j M_j})^{0.5}}{P_j \cdot Mach}]^{0.5}$$

声速: $C = 91.2 \left(\frac{k_j T_j}{M_j} \right)^{0.5}$

火炬气速度: $U_j = Mach \times C$

参数: $\bar{C}_i = C_i \left(\frac{U_j}{U_x} \right) \left(\frac{M_j}{M_x} \right)$

推力: $d_j R = d_j \left(\frac{U_j}{U_x} \right) \left(\frac{T_x M_j}{T_j} \right)^{0.5}$

由 $\bar{C}_i$ 、 $d_j R$ 查图 2.0.2-4 和图 2.0.2-5 得 X_c 、 Y_c

火炬烟囱高度: $H = [D^2 - (R - X_c)^2]^{0.5} - Y_c$

2.0.2.3 无烟火炬注入蒸汽量、放空烟囱直径和噪声计算

(1) 蒸汽量的计算

无烟燃烧时注入的蒸汽量与火炬气最大无烟燃烧的流速和火炬气成份(火炬气分子量与不饱和烃的量)有关。

不饱和烃对注入蒸汽量的影响见图 2.0.2-6 所示。

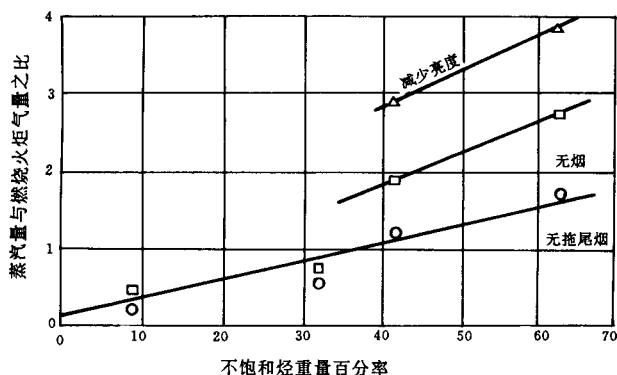


图 2.0.2-6 高空火炬无烟燃烧时加入蒸汽量图

该图在火炬烟囱顶端内侧注入蒸汽时使用。

火炬气分子量对注入蒸汽量的影响见式(2.0.2-19)

$$W_{H_2O} = W_{HC} \left(0.68 - \frac{10.8}{M_j} \right) \quad (2.0.2-19)$$

式中

W_{H_2O} ——水蒸汽流量, kg/s;

W_{HC} ——火炬气烃类流量, kg/s。

式(2.0.2-19)是以水蒸汽与火炬气燃烧后产生 CO_2 的重量比以 0.7 为基础。

蒸汽注入一般采用两种方法:

- 离火炬烟囱的顶部约 1.5m 处设蒸汽注入管道;
- 在火炬顶部设专门的蒸汽注入环。

蒸汽流量采用自动控制或人工控制。在火炬气量突然增加时允许短时间有烟的操作,可采用人工控制。

(2) 放空烟囱直径计算

放空烟囱的尺寸由允许压降和防止由于燃烧或有毒气体给地面或工作平台造成危害来确定。一般情况下,选用较高的排放速度,至少为 150m/s。

烟囱顶部直径(d)

$$d = \sqrt{\frac{W}{0.785\rho \cdot U}} \quad (2.0.2-20)$$

式中

d ——烟囱顶部直径,m;

ρ ——放空气在工作条件下的密度,kg/m³;

U ——放空气在烟囱顶部流速,一般选用 150m/s;

W ——放空气流量,kg/s。

(3) 噪声计算

离排放点 30m 处的噪声强度(L_{30})可用式(2.0.2-21)计算:

$$L_{30} = L + 10 \lg \left(\frac{1}{2} WC^2 \right) \quad (2.0.2-21)$$

式中

L ——噪声强度,dB,可由图 2.0.2-7 查得;

C ——声速,可由式(2.0.2-9)求得;

W ——排放火炬气流量,kg/s。

当离排放点的距离超过 30m 时,其噪声强度需用式(2.0.2-22)计算。

$$L_P = L_{30} - 20 \lg \left(\frac{\gamma_i}{30} \right) \quad (2.0.2-22)$$

式中

L_P ——距离排放点 γ_i 处的噪声强度,dB;

γ_i ——离排放点的距离,m。

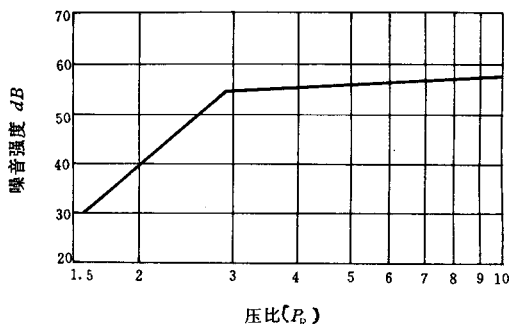


图 2.0.2-7 离火炬烟囱顶部 30m 处噪声强度

注:图中 P_R 为噪声源上下游压力之比。

噪声计算归纳

a. 计算所需基础数据如下:

W ——排放火炬气流量, kg/s;

k_j ——绝热指数;

M_j ——排放火炬气分子量;

T_j ——排放火炬气温度, K;

P_R ——噪声源上下游压力之比;

γ_i ——离排放点的距离, m。

b. 计算内容

声速: $C = 91.2(k_j T_j / M_j)^{0.5}$

由 P_R 查图 2.0.2-7 得 L :

计算 L_{30} : $L_{30} = L + 10 \lg(\frac{1}{2}WC^2)$

计算 L_P : $L_P = L_{30} - 20 \lg(\frac{\gamma_i}{30})$

例: 排放火炬气流量为 14.6 kg/s, 绝热指数为 1.4, 分子量为 29, 气体温度为 311K, 进出排放压比为 3, 计算离排放点 305m 处的噪声强度。

解:

(1) 声速(C)的计算

由式(2.0.2-9)得:

$$\begin{aligned} C &= 91.2 \left(\frac{k_j T_j}{M_j} \right)^{0.5} \\ &= 91.2 \times \left(\frac{1.4 \times 311}{29} \right)^{0.5} \\ &= 353 \text{ m/s} \end{aligned}$$

(2) $\frac{1}{2}WC^2$ 的计算

$$\frac{1}{2}WC^2 = \frac{1}{2} \times 14.6 \times 353^2 = 910000$$

(3) $10 \times \lg(\frac{1}{2}WC^2)$ 的计算

$$\begin{aligned} &10 \times \lg\left(\frac{1}{2}WC^2\right) \\ &= 10 \times \lg(910000) \\ &= 60 \text{ dB} \end{aligned}$$

(4) 查图 2.0.2-7

已知 $P_R = 3$, 查得 $L = 54$

(5) 离排放点 30m 噪声强度计算

由式(2.0.2-21)得:

$$L_{30}=54+60=114\text{dB}$$

注:上述计算是假设声速为球形传播,如果为半球形传播,上述计算结果应加 3dB。

(6) 离排放点 305m 处噪声强度计算

由式(2.0.2-22)得:

$$\begin{aligned} L_{305} &= L_{30} - 20lg\left(\frac{r_i}{30}\right) \\ &= 114 - 20lg\left(\frac{305}{30}\right) \\ &= 94\text{dB} \end{aligned}$$

因此,在此条件下,离排放点 305m 处的噪声强度为 94dB。

2.0.3 主要的辅助设备

2.0.3.1 火炬管道

火炬管道的设计和压力降计算参见《管道压力降计算》(HG/T 20570.7-95)第 2 章“单相流(可压缩流体)”和第 3 章“气-液两相流(非闪蒸型)”。

2.0.3.2 火炬气分离罐

火炬气分离罐的设计和计算参见《气-液分离器设计》(HG/T 20570.8-95)。

2.0.3.3 火炬气密封系统

火炬气密封系统包括水(液)封和气封(分子密封),都是为了防止排放气倒流和空气倒入火炬系统发生爆炸燃烧事故而设的。

下述情况要设水封:

- (1) 排放气达到一定的数量,要在一个独立的火炬中燃烧。
- (2) 为了防止火炬总管系统产生真空,需要相对高的吹扫速率(排放气比空气轻或未经冷却的热排放气)。

下述情况可不设水封:

- (1) 排气设备背压允许值很低,以致于入口插入管的深度小于 100mm。
- (2) 排放气温度很低以致于可能引起水封冻结(无加热站)。

如果火炬系统设水封,则水封本身及其下游设备的设计压力可定为 700kPa(表),其上游设备设计压力定为 350kPa(表)。水封槽内要留有一定的气相空间,以防水夹带。

水封水补充速度要适当,不能太快。水封槽溢流口排出水应回收。水封槽在严寒地区要采取防冻设施,并防止碳氢化合物覆盖液面。

水封槽与火炬基础合并设置时,水封槽应尽量靠近火炬烟囱。水封槽示意图见图

2.0.3-1 所示。

气封是在火炬内无气体排放时,用一定量的吹扫气通过火炬,使火炬维持正压,防止空气倒流入火炬系统,保证安全操作。气封又称分子密封,结构如图 2.0.3-2 所示。

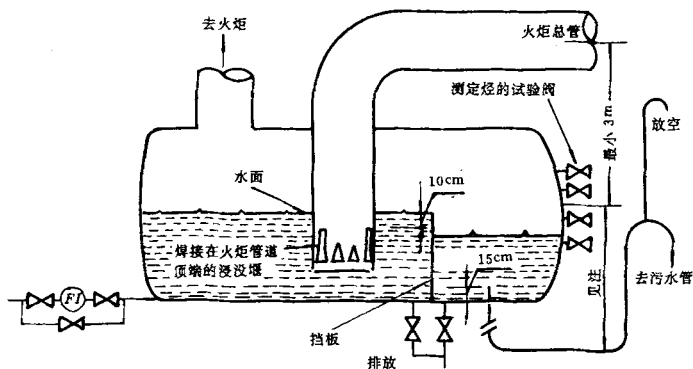


图 2.0.3-1 火炬气液封(水封)槽示意图

注:排液管液封至少应为罐最大工作压力的 175%。

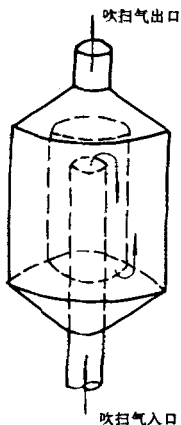


图 2.0.3-2 气封(分子密封器)结构图

下述情况要设气封:

(1) 无水封；

(2) 水封下游要求大流量的吹扫气。

气封用气比空气轻，气封气源接口可设在气封旁边；若比空气重气封气源接口设在火炬底部。若雨天或冷凝能影响气封，则应设置排放管，其公称直径不小于 50mm。

气封要设在火炬烟囱顶部。如果仅安装一个气封，则整个火炬系统可按 350kPa(表)设计，但设备的壁厚要按 700kPa(表)设计。

由于经济原因，气封气的流速不可能很高，一般使火炬烟囱内流速维持在 0.03~0.06m/s，在总用量较低的情况下适当地提高气封气流速有利于气封的密封效果。

气封用气的露点不高于环境的最低温度，可以选用氮气或低分子量气态烃。

2.0.4 火炬系统的流程

2.0.4.1 火炬系统包括火炬气分离罐、火炬气密封槽及分子密封、火炬烟囱及火炬管道。

2.0.4.2 典型的火炬系统流程

将来自各排放系统的物料，首先引入火炬气分离罐，将气液分离，液体返回回收装置，气体引入火炬气密封罐，从密封罐出来的气体则引入火炬烟囱，见图 2.0.6-2 所示。

2.0.4.3 乙烯装置的火炬系统

将装置内排放的物料分别送到如下四条总管：

- (1) 干火炬总管收集乙烯装置内不含水的、冷的碳氢化合物；
- (2) 湿火炬总管收集乙烯装置内含水的、热的碳氢化合物；
- (3) 热火炬总管收集乙烯装置内不含水的、热的碳氢化合物；
- (4) 液体排放总管：收集乙烯装置内低温和冷冻部分的低温液体。

湿火炬总管气体进入湿火炬分离罐，罐内分离冷凝夹带的碳氢化合物，从罐上部出来的气体进主火炬总管，下部液体经泵排至急冷塔。

干火炬总管气体进入干火炬分离罐，罐内分离液体后进主火炬总管，液体排污系统来的物料经蒸发后也进干火炬分离罐。

热火炬总管直接接到主火炬总管。液体排放总管的液体排到干火炬分离罐。

合并后的火炬气经主火炬总管到火炬烟囱，火炬烟囱顶部接分子密封器。排放的碳氢化合物在火炬头（即燃烧烧嘴）充分燃烧。

2.0.4.4 火炬系统还包括其他一些辅助设施，如冷火炬气加热站等。实际设计中应根据具体的工艺装置决定采用什么样的火炬系统。

2.0.5 计算举例(高空火炬)

2.0.5.1 简单近似计算法举例

假设计算所用的基础数据如下:

火炬气流量(W_j):126kg/s;

火炬气平均分子量(M_j):46.1;

火炬气在火炬烟囱顶部的流体温度(T_j):422K;

燃烧热(h_j): 5×10^4 kJ/kg;

绝热指数(k_j):1.1;

火炬顶部内侧的火炬气压力(P_j):108kPa;

设计风速(U_x):8.9m/s;

热辐射因子(F):0.3;

最大允许热辐射强度(K): 6.3 kW/m^2 (离火炬中心 45.7m 处);

热辐射强度传递因子(τ):1.0。

(1) 计算火炬烟囱直径(d_j)

由式(2.0.2-2)得:

$$d_j = \left[\frac{11.61 \times 10^{-2} W_j}{P_j \cdot Mach} \cdot \sqrt{\frac{T_j}{k_j M_j}} \right]^{0.5}$$

当 $Mach=0.5$ 时,则

$$\begin{aligned} d_j &= \left[\frac{11.61 \times 10^{-2} \times 126}{108 \times 0.5} \cdot \sqrt{\frac{422}{1.1 \times 46.1}} \right]^{0.5} \\ &= 0.88 \text{ m} \end{aligned}$$

(2) 计算火炬烟囱高度

a. 火焰长度(l)

火炬气放热量(Q)

$$\begin{aligned} Q &= h_j \cdot W_j \\ &= 5 \times 10^4 \times 126 \\ &= 6.3 \times 10^6 \text{ kW} \end{aligned}$$

由图 2.0.2-2 查得 l 为 130m。

b. 火炬气在火炬烟囱出口处的速度(U_j)

当 $Mach=0.5$ 时,由式(2.0.2-10)得 U_j :

$$\begin{aligned} U_j &= Mach \times C \\ &= 0.5 \times 91.2 \left(\frac{k_j T_j}{M_j} \right)^{0.5} \\ &= 144.7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\frac{U_x}{U_j} = \frac{8.9}{144.7} = 0.062$$

由图 2.0.2-3 查得:

当 $Mach=0.5$ 时

$$\frac{\Delta X}{l} = 0.68 \quad \Delta X = 0.68l = 0.68 \times 130 = 88.4\text{m}$$

$$\frac{\Delta Y}{l} = 0.54 \quad \Delta Y = 0.54l = 0.54 \times 130 = 70.2\text{m}$$

c. 计算火炬烟卤高度

由式(2.0.2-14)得:

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\tau F Q / 4\pi K}, (Q = h_j \cdot W_j) \\ &= \sqrt{1 \times 0.3 \times 6.3 \times 10^6 / (4\pi \times 6.3)} \\ &= 154.5\text{m} \end{aligned}$$

由式(2.0.2-8)得:

$$H = [D^2 - (R - \frac{1}{2}\Delta X)^2]^{0.5} - \frac{1}{2}\Delta Y$$

当 $Mach=0.5$ 时,则

$$\begin{aligned} H &= [154.5^2 - (45.7 - \frac{1}{2} \times 88.4)^2]^{0.5} - \frac{1}{2} \times 70.2 \\ &= 119\text{m} \end{aligned}$$

由以上计算得:当 $Mach=0.5$ 时,火炬烟卤直径为 0.88m,高度为 119m。

2.0.5.2 布鲁托斯基和索麦尔近似算法举例

假设计算所用的基础数据如下:

火炬气流量(W_j):12kg/s;

火炬气平均分子量(M_j):46.1;

空气的分子量(M_x):29;

平均风速(U_x):8.9m/s;

火炬顶部内侧的火炬气压力(P_j):108kPa;

平均相对湿度(γ):0.5;

火炬气燃烧热值(h_j): 5×10^4 kJ/kg;

绝热指数(k_j):1.1;

火炬气在空气中的爆炸下限(C_l):0.021;

火炬气温度(T_j):422K;

空气温度(T_x):289K。

(1) 计算高空火炬烟卤直径(d_j)

由式(2.0.2-2)得:

$$d_j = [11.61 \times 10^{-2} W_j (T_j / k_j M_j)^{0.5} / (P_j Mach)]^{0.5}$$

当火炬气为最大排放量时,最大马赫数可取为 0.5,因此

$$\begin{aligned} d_j &= [11.61 \times 10^{-2} \times 126 \times (422 / 1.1 \times 46.1)^{0.5} / (108 \times 0.5)]^{0.5} \\ &= 0.88\text{m} \end{aligned}$$

(2) 高空火炬烟囱高度(H)的计算

a. 计算火焰偏距(X_c)、(Y_c)

由式(2.0.2-9)计算

$$\begin{aligned} \text{声速: } C &= 91.2 (k_j T_j / M_j)^{0.5} \\ &= 91.2 (1.1 \times 422 / 46.1)^{0.5} \\ &= 289.4\text{m/s} \end{aligned}$$

火炬气速度(U_j)

$$\begin{aligned} U_j &= Mach \times C \\ &= 0.5 \times 289.4 \\ &= 144.7\text{m/s} \end{aligned}$$

由式(2.0.2-11)得:

$$\begin{aligned} \bar{C}_i &= C_i \left(\frac{U_j}{U_x} \right) \left(\frac{M_j}{M_x} \right) \\ &= 0.021 \left(\frac{144.7}{8.9} \right) \left(\frac{46.1}{29} \right) \\ &= 0.542 \end{aligned}$$

由式(2.0.2-13)得:

$$\begin{aligned} d_j R &= d_j \left(\frac{U_j}{U_x} \right) \left(\frac{T_x M_j}{T_j} \right)^{0.5} \\ &= 0.88 \left(\frac{144.7}{8.9} \right) \left(\frac{289 \times 46.1}{422} \right)^{0.5} \\ &= 80.4 \end{aligned}$$

由 $\bar{C}_i$ 、 $d_j R$ 查图 2.0.2-4 和图 2.0.2-5 得:

$$\begin{aligned} X_c &= 17.7\text{m} \\ Y_c &= 30\text{m} \end{aligned}$$

b. 计算火焰中心到地面边界的距离(D)

由式(2.0.2-14)得:

$$D = [\tau F Q / 4\pi K]^{0.5}$$

根据表 2.0.6-4,取允许操作人员短期通过的最大热辐射强度(K)为

9.46kW/m²。

取热辐射系数 $F=0.3$, 热辐射强度传递因子 $\tau=1.0$ 。火炬气放热量(Q)

$$\begin{aligned} Q &= h_j \cdot W_j \\ &= 126 \times 5 \times 10^4 \\ &= 6.3 \times 10^6 \text{ kW} \\ D &= [1.0 \times 0.3 \times 6.3 \times 10^6 / (4\pi \times 9.46)]^{0.5} \\ &= 126 \text{ m} \end{aligned}$$

另外, 假设界区地面辐射半径 $R=45.7\text{m}$ 时, 最大允许热辐射强度 $K=6.3\text{ kW/m}^2$, 则

$$\begin{aligned} D &= [1.0 \times 0.3 \times 6.3 \times 10^6 / (4\pi \times 6.3)]^{0.5} \\ &= 154.5 \text{ m} \end{aligned}$$

c. 计算高空火炬烟囱高度

当热辐射强度 $K=9.46\text{ kW/m}^2$, 地面边界在火炬中心, 即

$$R'=0 \quad H'=D$$

可计算出该条件下的最小火炬高度(H)

$$\begin{aligned} H &= H' - Y_c \\ &= D - Y_c \\ &= 126 - 30 = 96 \text{ m} \end{aligned}$$

当热辐射强度 $K=6.3\text{ kW/m}^2$ 时

$$\begin{aligned} R &= 45.7 \text{ m} \\ D &= 154.5 \text{ m} \end{aligned}$$

由式(2.0.2-18)得:

$$\begin{aligned} H &= [D^2 - (R - X_c)^2]^{0.5} - Y_c \\ &= [154.5^2 - (45.7 - 17.7)^2]^{0.5} - 30 \\ &= 122 \text{ m} \end{aligned}$$

根据上述计算, 火炬烟囱直径为 0.88m, 火炬高度为 122m。与简单近似法的计算结果基本相同。在实际计算中, 可根据所具有的基础数据选择不同的计算方法。

2.0.6 附图和附表

2.0.6.1 风速高度变化系数(K_v)见表 2.0.6-1。

2.0.6.2 可燃气体的热值见表 2.0.6-2。

2.0.6.3 可燃气体在空气中的爆炸下限见表 2.0.6-3。

2.0.6.4 不考虑太阳热辐射时允许的最大热辐射强度见表 2.0.6-4。

2.0.6.5 可燃气体绝热指数关系图见图 2.0.6—1 所示。

2.0.6.6 典型的火炬系统流程见图 2.0.6—2 所示。

风速高度变化系数(K_v) 表 2.0.6—1

离地面或海面高度 m	K_v	
	陆 上	海 上
≤2	0.72	0.8
5	0.88	0.92
10	1.00	1.00
15	1.07	1.05
20	1.12	1.09
30	1.19	1.14
40	1.24	1.17
50	1.28	1.20
60	1.31	1.22
70	1.33	1.24
80	1.36	1.26
90	1.38	1.27
100	1.40	1.28
150	1.48	1.34
200	1.54	1.38
250	1.59	1.41
300	1.64	1.44
≥350	1.67	1.47

可燃气体的热值 表 2.0.6-2

名 称	热值 kJ/m ³ (标) (以低热值计)
氢气	10744
甲烷	35710
乙烷	63579
乙烯	59467
乙炔	56453
丙烷	91033
丙烯	86411
丁烷	118412
丁烯	113718
戊烷	145782
戊烯	138380

可燃气体在空气中的爆炸下限

表 2.0.6-3

名 称	爆炸下限 体积%	名 称	爆炸下限 体积%
甲烷	5.0	丁烯-1	1.6
乙炔	1.5	反丁烯-2	1.75
乙烷	3.0	顺丁烯-2	1.75
乙烯	2.7	丁二烯-1,3	2.0
丁炔-2	1.4	环己烷	1.2
丙烷	2.37	环丙烷	2.4
丙烯	2.0	乙烯基乙炔	2.0
丙炔	1.7	戊烷	1.4
异丁烷	1.8	氢气	4.0
正丁烷	1.86	丁二烯-1,2	2.0
异丁烯	1.8		

不考虑太阳热辐射时允许的最大热辐射强度

表 2.0.6-4

允许的最大热辐射强度(K)	使 用 条 件
kW/m^2	
15.77	操作人员不允许进入,设备应设置防热辐射设施
9.46	操作人员允许经过,但停留时间仅为几秒钟
6.31	事故时允许操作人员穿着适当的防护衣服在其中工作近 1min
4.73	事故时允许操作人员穿着适当的防护衣服在其中工作 10min
1.58	操作人员能长期工作的地方

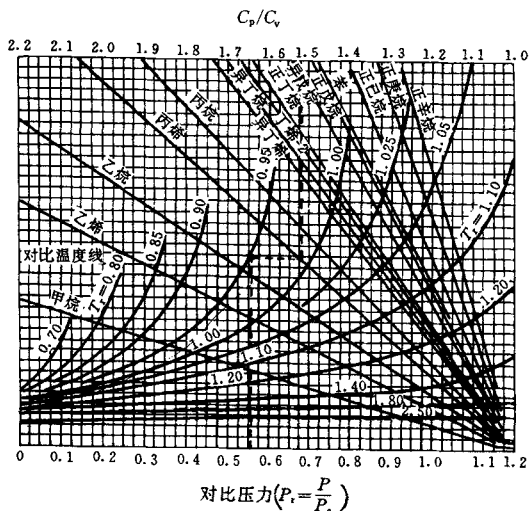
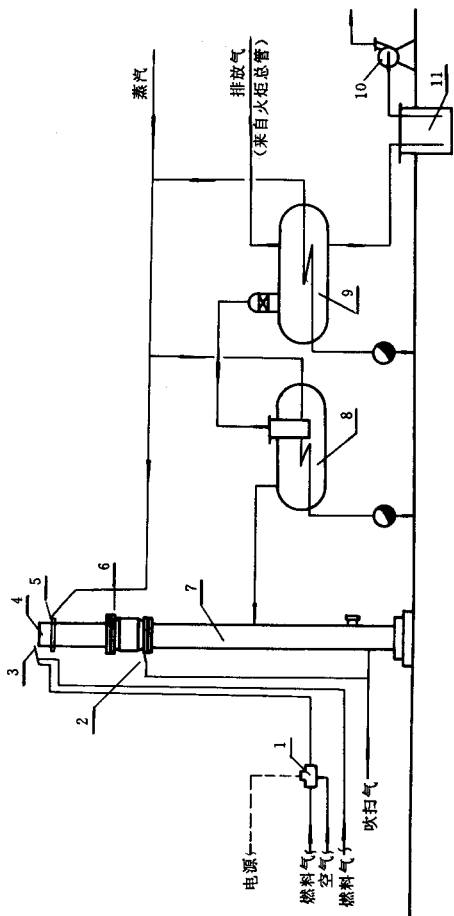


图 2.0.6-1 可燃气体绝热指数关系图

图 2.0.6-1 求 k_i 步骤:

由横坐标 $P_r = \frac{P}{P_c}$ 值→对比温度 (T_r) 线→指定的可燃介质线→ $\frac{C_p}{C_v}$ 坐标查得该

可燃介质绝热指数 (k_i) ($k_i = \frac{C_p}{C_v}$)。



1—电点火器；2—吹扫气入口；3—点火嘴；4—火炬头；5—消烟蒸汽入口；
6—分子密封；7—火炬烟筒；8—水封槽；9—火炬气分离罐；10—排液泵；
11—集液槽。

图 2.0.6-2 典型的火炬系统流程

注：位号 8、10、11 表示的设备可根据具体的操作系统取舍。

3 符号说明

- C ——声速, m/s;
 C_L ——火炬气在空气中的爆炸下限, 体积%;
 $\bar{C}_L$ ——火炬气爆炸下限参数;
 C_A ——火炬气各组份的爆炸下限, 体积%;
 D ——火焰中心到地面边界的距离, m;
 d ——烟囱顶部直径, m;
 d_i ——火炬烟囱直径(内径), m;
 $d_i R$ ——风推力和喷射推力;
 F ——热辐射因子;
 H ——火炬烟囱的高度, m;
 H' ——火焰中心到地面距离, m;
 h_i ——火炬气低热值, kJ/kg;
 K ——最大允许热辐射强度, kW/m²;
 k_j ——火炬气的绝热指数, $k_j = C_p/C_v$;
 K_v ——风速高度变化系数;
 L ——噪声强度, dB;
 L_p ——距离排放点 γ_i 处的噪声强度, dB;
 L_{30} ——离排放点 30m 处的噪声强度, dB;
 l ——火焰长度, m;
 $Mach$ ——马赫数, 无因次;
 M_j ——火炬气的平均分子量;
 M_x ——空气的平均分子量;
 P_j ——火炬顶部内侧火炬气的压力, kPa;
 P_R ——噪声源上下游压力之比;
 Q ——火炬气释放热量, kW;
 R ——无障碍区域半径, m;
 R' ——火焰中心到地面界区横向距离, m;
 γ_i ——离排放点的距离, m;

T_j ——火炬气温度, K;
 T_x ——空气温度, K;
 U_j ——火炬气在火炬烟囱出口处的流速, m/s;
 U_x ——设计风速, m/s;
 U ——放空气在烟囱顶部流速, m/s;
 V ——体积流量, m^3/s ;
 W ——放空气流量、排放火炬气流量, kg/s ;
 W_j ——火炬气排放流量, kg/s ;
 $W_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水蒸汽流量, kg/s ;
 W_{HC} ——火炬气烃类流量, kg/s ;
 X_c ——火焰中心到火炬头中心的横向距离, m;
 ΔX ——火焰横向偏距, m;
 Y_c ——火焰中心到火炬头顶部的纵向距离, m;
 ΔY ——火焰纵向偏距, m;
 Y_i ——火炬气各组份的分子分数;
 γ ——平均相对湿度;
 γ_i ——离排放点的距离, m;
 ρ ——放空气在工作条件下的密度, kg/m^3 ;
 τ ——热辐射强度传递因子;
 压力——本规定除注明外, 均为绝对压力。