

附件 1

广东省石油化工业 VOCs 排放量计算方法

(试行)

广东省生态环境厅

目 录

1. 适用范围	3
2. 计算方法	3
2.1 设备动静密封点泄漏	4
2.2 有机液体储存与调和挥发损失.....	9
2.3 有机液体装载挥发损失	28
2.4 废水集输、储存、处理处置过程逸散	33
2.5 燃烧烟气排放	35
2.6 工艺有组织排放	37
2.7 工艺无组织排放	41
2.8 采样过程排放	41
2.9 火炬排放	42
2.10 非正常工况（含开停工及维修）排放.....	45
2.11 冷却塔、循环水冷却系统释放	47
2.12 事故排放	50
附录 A 存储物物理化参数	55
附录 B 单位换算表	56

广东省石油化工有限公司 VOCs 排放量计算方法（试行）

1. 适用范围

本方法适用于广东省石油化工有限公司（包括但不限于：石油炼制工业、石油化学工业和合成树脂工业）VOCs 排放量计算。有机化工行业可参照本计算方法进行 VOCs 排放量计算。

2. 计算方法

石油化工有限公司VOCs排放主要来自物料生产、运输、装载和废物处理等过程。

石油化工有限公司的VOCs污染源项主要包括12类：

- （1）设备动静密封点泄漏；
- （2）有机液体储存与调和挥发损失；
- （3）有机液体装载挥发损失；
- （4）废水集输、储存、处理处置过程逸散；
- （5）燃烧烟气排放；
- （6）工艺有组织排放；
- （7）工艺无组织排放；
- （8）采样过程排放；
- （9）火炬排放；

- (10) 非正常工况（含开停工及维修）排放；
- (11) 循环冷却水系统释放；
- (12) 事故排放。

根据石油化工有限公司VOCs排放特点，采用源项归类解析法计算VOCs排放量，VOCs排放量为各污染源项VOCs排放量的总和，见公式2-1。

有机化工行业应根据工艺特点，可参照本计算方法选择相应的污染源项计算VOCs排放量。

$$E_{\text{石油化工}} = \sum_{m=1}^N E_m \quad (\text{公式2-1})$$

式中：

$E_{\text{石油化工}}$ —统计期内全部排放源项的VOCs排放量之和，千克；

E_m —统计期内排放源项m的VOCs的排放量，千克；

N—污染源总数。

$$E_m = E_{\text{产生},m} - D_{\text{去除},m} \quad (\text{公式 2-2})$$

式中：

$E_{\text{产生},m}$ —统计期内排放源项m的VOCs产生量，千克；

$D_{\text{去除},m}$ —统计期内排放源项m的污染控制设施的VOCs去除量，千克。

$$D_{\text{去除},m} = \sum_{j=1}^n [(C_{\text{入口},j} \times Q_{\text{入口},j} - C_{\text{出口},j} \times Q_{\text{出口},j}) \times 10^{-6} \times t_j] \quad (\text{公式 2-3})$$

式中：

$Q_{\text{入口},j}$ —污染控制措施 j 入口气体流量，立方米/小时；
 $C_{\text{入口},j}$ —污染控制措施 j 入口实测 VOCs 浓度，毫克/立方米；
 $Q_{\text{出口},j}$ —污染控制措施 j 出口气体流量，立方米/小时；
 $C_{\text{出口},j}$ —污染控制措施 j 出口实测 VOCs 浓度，毫克/立方米；
 t_j —统计期内污染控制措施 j 的运行时间，小时。

2.1 设备动静密封点泄漏

设备密封点泄漏是指各种工艺管线和设备密封点的密封失效致使内部蕴含 VOCs 物料逸散至大气中的现象。工艺管线和设备动静密封点一般包括泵、搅拌器、压缩机、阀门、连接件、法兰、开口阀或开口管线、泄压设备、取样连接系统等。设备密封点泄漏的 VOCs 产生量计算公式如下：

$$E_{\text{设备}} = \sum_{i=1}^n \left(e_{\text{TOC},i} \times \frac{WF_{\text{VOC},i}}{WF_{\text{TOC},i}} \times t_i \right) \quad (\text{公式 2.1-1})$$

式中：

$E_{\text{设备}}$ —统计期内动静设备密封点的 VOCs 产生量，千克；

t_i —统计期内密封点 i 的运行时间，小时；

$e_{\text{TOCs},i}$ —密封点 i 的 TOCs 泄漏速率，千克/小时；

$WF_{\text{VOCs},i}$ —运行时间段内流经密封点 i 的物料中 VOCs 的平均质量分数；

$WF_{\text{TOC},i}$ —运行时间段内流经密封点 i 的物料中 TOC 的平均质量分数；

如未提供物料中 VOCs 的平均质量分数，则按 $\frac{WF_{voc,i}}{WF_{TOC,i}} = 1$ 计。

2.1.1 泄漏速率

泄漏速率可采用相关方程法和系数法计算。

(1) 相关方程法

当密封点的净检测值小于1时，用默认零值泄漏速率作为该密封点泄漏速率；当净检测值大于50000 $\mu\text{mol/mol}$ ，用限定泄漏速率作为该密封点泄漏速率。当净检测值在两者之间，采用相关方程计算该密封点的泄漏速率，详见表2.1-1。

$$e_{TOC} = \sum_{i=1}^n \begin{cases} e_{0,i} & (0 \leq SV < 1) \\ e_{p,i} & (SV \geq 50000) \\ e_{f,i} & (1 \leq SV < 50000) \end{cases} \quad (\text{公式 2.1-2})$$

式中：

e_{TOC} —密封点的 TOC 泄漏速率，千克/小时；

SV—修正后的净检测值， $\mu\text{mol/mol}$ ；

$e_{0,i}$ —密封点 i 的默认零值泄漏速率，千克/小时；

$e_{p,i}$ —密封点 i 的限定泄漏速率，千克/小时；

$e_{f,i}$ —密封点 i 的相关方程计算泄漏速率，千克/小时。

各类型密封点的泄漏速率按表 2.1-1 计算。

表 2.1-1 石油炼制和石油化学工业设备组件的设备泄漏速率^a

密封点类型	默认零值泄漏速率 (千克/小时/排放源)	限定泄漏速率 (千克/小时/排放源)	相关方程 (千克/小时/排放源)
石油炼制工业的泄漏速率 (炼油、营销终端和油气生产)			
泵	2.4E-05	0.16	$5.03E-05 \times SV^{0.610}$
压缩机	4.0E-06	0.11	$1.36E-05 \times SV^{0.589}$
搅拌器	4.0E-06	0.11	$1.36E-05 \times SV^{0.589}$
泄压设备	4.0E-06	0.11	$1.36E-05 \times SV^{0.589}$
阀门	7.8E-06	0.14	$2.29E-06 \times SV^{0.746}$
连接件	7.5E-06	0.030	$1.53E-06 \times SV^{0.735}$
法兰	3.1E-07	0.084	$4.61E-06 \times SV^{0.703}$
开口阀或开口管线	2.0E-06	0.079	$2.20E-06 \times SV^{0.704}$
其它	4.0E-06	0.11	$1.36E-05 \times SV^{0.589}$
石油化学工业的泄漏速率			
气体阀门	6.6E-07	0.11	$1.87E-06 \times SV^{0.873}$
液体阀门	4.9E-07	0.15	$6.41E-06 \times SV^{0.797}$
轻液体泵	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
重液体泵	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
压缩机	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
搅拌器	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
泄压设备	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
法兰或连接件	6.1E-07	0.22	$3.05E-06 \times SV^{0.885}$
开口阀或开口管线	2.0E-06	0.079	$2.20E-06 \times SV^{0.704}$
其他	4.0E-06	0.11	$1.36E-05 \times SV^{0.589}$

注：对于表中涉及的千克/小时/排放源=每个排放源每小时的 TOC 产生量（千克）。

a: EPA 报告的数据。对于密闭式的采样点，如果采样瓶连在采样口，则使用“连接件”的泄漏速率；如采样瓶未与采样口连接，则使用“开口管线”的泄漏速率。

(2) 系数法

未开展泄漏检测的密封点，或不可达密封点，应采用表 2.1-2 系数并按公式 2.1-3 和公式 2.1-4 计算泄漏速率。

石油炼制工业泄漏速率计算公式：

$$e_{TOC} = \sum_{i=1}^n \left(FA_i \times \frac{WF_{VOC,i}}{WF_{TOC,i} - WF_{甲烷,i}} \times WF_{TOC,i} \times N_i \right) \quad (\text{公式 2.1-3})$$

石油化学工业泄漏速率计算公式：

$$e_{TOC} = \sum_{i=1}^n (FA_i \times WF_{TOC,i} \times N_i) \quad (\text{公式 2.1-4})$$

式中：

e_{TOC} —密封点的 TOC 泄漏速率，千克/小时；

FA_i —密封点 i 泄漏系数，千克/小时/排放源，见表 2.1-2；

$WF_{VOC,i}$ —流经密封点 i 的物料中 VOC 的平均质量分数；

$WF_{TOC,i}$ —流经密封点 i 的物料中 TOC 的平均质量分数；

$WF_{\text{甲烷},i}$ —流经密封点 i 的物料中甲烷的平均质量分数，最大取 10%；

N_i —密封点的个数。

表 2.1-2 石油炼制和石油化学工业组件平均泄漏系数^a

设备类型	介质	石油炼制工业泄漏系数 (千克/小时/排放源) ^b	石油化学工业泄漏系数 (千克/小时/排放源) ^c
阀	气体	0.0268	0.00597
	轻液体	0.0109	0.00403
	重液体	0.00023	0.00023
泵 ^d	轻液体	0.114	0.0199
	重液体	0.021	0.00862
压缩机	气体	0.636	0.228
泄压设备	气体	0.16	0.104
法兰、连接件	所有	0.00025	0.00183
开口阀或开口管线	所有	0.0023	0.0017
采样连接系统	所有	0.0150	0.0150
其他	所有	0.0268	0.00597

注：对于表中涉及的千克/小时/排放源=每个排放源每小时的 TOC 产生量（千克）。

对于开放式的采样点，采用系数法计算产生量。如果采样过程中排出的置换残液或气未经处理直接排入环境，按照“取样连接系统”和“开口管线”泄漏系数分别计算并加和；如果企业有收集处理设施收集管线冲洗的残液或气体，并且运行效果良好，可按“开口阀或开口管线”泄漏系数进行计算。

- a: 摘自 EPA, 1995b 报告的数据;
- b: 石油炼制工业泄漏系数用于非甲烷有机化合物泄漏速率;
- c: 石油化学工业泄漏系数用于 TOC (包括甲烷) 泄漏速率;
- d: 轻液体泵密封的系数可以用于估算搅拌器密封的泄漏速率。

2.1.2 运行时间

采用中点法确定该密封点的排放时间, 即第 n 次检测值代表时间段的起始点为第 $n-1$ 次至第 n 次检测时间段的中点, 终止点为第 n 次至第 $n+1$ 次检测时间段的中点。发生泄漏修复的情况下, 修复复测的时间点为泄漏时间段的终止点。

2.2 有机液体储存与调和挥发损失

有机液体储存与调和通常采用储罐, 常见的储罐类型有: 固定顶罐 (包括卧式罐和立式罐) 与浮顶罐 (包括内浮顶罐和外浮顶罐)。固定顶罐 VOCs 的产生主要来自于储存过程中蒸发静置损失 (俗称小呼吸) 和接受物料过程中产生的工作损失 (俗称大呼吸)。浮顶罐 VOCs 的产生主要包括边缘密封损失、浮盘附件损失、浮盘盘缝损失和挂壁损失。其中边缘密封损失、浮盘附件损失、浮盘盘缝损失属于静置损失, 挂壁损失属于工作损失。

2.2.1 公式法

公式法可应用于固定顶罐和浮顶罐。不适用于以下情况: 所储物料组分不稳定或真实蒸汽压高于大气压、蒸气压未知或无法测量的; 储罐浮盘设施失效的; 其他不符合相关环保要求的。

公式法核算过程采用美制单位。完成核算后，可将排放量的美制单位（磅）转为国际单位制（千克）。

$$E_{\text{储罐}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{固},i} + \sum_{i=1}^m E_{\text{浮},i} \quad (\text{公式2.2-2})$$

式中：

$E_{\text{储罐}}$ —统计期内储罐的VOCs产生量，千克；

$E_{\text{固},i}$ —统计期内固定顶罐*i*的VOCs产生量，千克；

n —固定顶罐的数量，个；

$E_{\text{浮},i}$ —统计期内浮顶罐*i*的VOCs产生量，千克；

m —浮顶罐的数量，个。

储罐周转量指统计期内进入或流出储罐的物料量。当采用公式法计算工作损失时，储罐真实周转量按修正后的周转次数进行折算，见公式2.2-3。

$$Q_{\text{修正}} = Q \times \frac{\Delta H}{H_T} \quad (\text{公式2.2-3})$$

式中：

$Q_{\text{修正}}$ —修正后的周转量，立方米；

ΔH —平均液位高度变化，统计期内（第*n*+1次测量的平均液位高度）与（第*n*次测量的平均液位高度）所有差值为正值的液位高度变化的平均值（负值不计），米；

H_T —储罐设计最大液位高度，米。

2.2.2.1 固定顶罐总损失

$$E_{\text{固}} = E_s + E_w \quad (\text{公式2.2-4})$$

式中:

$E_{\text{固}}$ —统计期内固定浮顶罐总损失, 磅;

E_s —统计期内静置损失, 磅, 见公式2.2-5;

E_w —统计期内工作损失, 磅, 见公式2.2-30。

(1) 静置损失

$$E_s = 365V_v W_v K_E K_s \quad (\text{公式2.2-5})$$

式中:

E_s —统计期内静置损失(地下卧式罐的 E_s 取0), 磅;

V_v —气相空间容积, 立方英尺, 见公式2.2-6;

W_v —储藏气相密度, 磅/立方英尺, 见公式2.2-19;

K_E —气相空间膨胀因子, 无量纲量;

K_s —排放蒸气饱和因子, 无量纲量。

a) 气相空间容积 V_v 计算

立式罐气相空间容积 V_v , 通过公式2.2-6计算:

$$V_v = \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) H_{vo} \quad (\text{公式2.2-6})$$

式中:

V_v —气相空间容积, 立方英尺;

D —罐径, 英尺;

H_{VO} —气相空间高度，英尺。

$$H_{VO} = H_s - H_L + H_{RO} \quad (\text{公式2.2-7})$$

式中：

H_{VO} —气相空间高度，英尺；

H_s —罐体高度，英尺；

H_L —液体高度，英尺；

H_{RO} —罐顶计量高度，英尺；（注：罐顶容积折算为相等容积的罐体高度）。

锥顶罐罐顶折算高度：

$$H_{RO} = 1 / 3H_R \quad (\text{公式2.2-8})$$

式中：

H_R —罐顶高度，英尺。

$$H_R = S_R R_s \quad (\text{公式2.2-9})$$

式中：

S_R —罐锥顶斜率，英尺/英尺；无数据时，取0.0625；

R_s —罐壳半径，英尺。

拱顶罐罐顶折算高度：

$$H_{RO} = H_R \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(\frac{H_R}{R_s} \right)^2 \right] \quad (\text{公式2.2-10})$$

式中：

R_s —罐壳半径，英尺；

H_R —罐顶高度，英尺；

$$H_R = R_R - \left(R_R^2 - R_S^2 \right)^{0.5} \quad (\text{公式2.2-11})$$

式中:

R_R —罐拱顶半径, 英尺; R_R 的值一般介于0.8D-1.2D之间, 其中D=2 R_S ; 如果 R_R 未知, 则用罐体直径代替;

R_S —罐壳半径, 英尺。

如果是卧式罐, 公式2.2-6中的罐径D则为有效罐径 D_E :

$$D_E = \sqrt{\frac{LD}{0.785}} \quad (\text{公式2.2-12})$$

式中:

L—卧式罐(含封头)总长, 英尺;

D—卧式罐垂直剖面的直径, 英尺。

b) 气相空间膨胀因子 K_E 计算

对于油品(如汽油、柴油):

$$K_E = \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}} > 0 \quad (\text{公式2.2-13})$$

式中:

ΔT_V —日蒸气温度范围, 兰氏度;

$$\Delta T_V = 0.72(T_{AX} - T_{AV}) + 0.028\alpha I \quad (\text{公式2.2-14})$$

式中:

T_{AX} —日最高环境温度, 兰氏度;

T_{AN} —日最低环境温度, 兰氏度;

α —罐漆太阳能吸收率，无量纲量，见表2.2-1；

I —太阳辐射强度，英热/（平方英尺·天）。

ΔP_V —日蒸汽压范围，磅/平方英寸；

$$\Delta P_V = \frac{0.5BP_{VA}\Delta T_V}{T_{LA}^2} \quad (\text{公式2.2-15})$$

ΔP_B —呼吸阀压力设定范围，磅/平方英寸；

$$\Delta P_B = P_{BP} - P_{BV} \quad (\text{公式2.2-16})$$

式中：

P_{BP} —呼吸阀压力设定，磅/平方英寸；

P_{BV} —呼吸阀真空设定，磅/平方英寸；

如果呼吸阀压力设定和真空设定信息缺乏，则假定 P_{BP} 为0.03磅/平方英寸、 P_{BV} 为-0.03磅/平方英寸；如果固定顶罐是螺栓固定或铆接的，其中罐顶和罐体是非密封的，则不管是否有呼吸阀，都设定 $\Delta P_B=0$ 。

P_A —大气压力，磅/平方英寸；

P_{VA} —日平均液体表面温度下的蒸汽压，磅/平方英寸，见公式2.2-22；

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度，见公式2.2-20。

对于纯化学品及其混合物（如苯、对二甲苯）：

$$K_E = 0.0018\Delta T_V = 0.0018[0.72(T_{AX} - T_{AV}) + 0.028\alpha I] \quad (\text{公式2.2-17})$$

式中：

- K_E —气相空间膨胀因子，无量纲量；
 ΔT_V —日蒸气温度范围，兰氏度；
 T_{AX} —日最高环境温度，兰氏度；
 T_{AN} —日最低环境温度，兰氏度；
 α —罐漆太阳能吸收率，无量纲量，见表2.2-1；
 I —太阳辐射强度，英热/（平方英尺·天）；
 0.0018—常数，（兰氏度）⁻¹；
 0.72—常数，无量纲量；
 0.028—常数，兰氏度·平方英尺·天/英热。

表 2.2-1 罐漆太阳能吸收率 (α)

罐漆颜色	喷漆色光	罐漆吸收率 (α)	
		罐漆状况	
		好	差
银白色	高光	0.39	0.49
银白色	散射	0.60	0.68
铝罐	光面、不涂漆	0.10	0.15
米黄/乳色	/	0.35	0.49
黑色	/	0.97	0.97
棕色	/	0.58	0.67
灰色	淡	0.54	0.63
灰色	中等	0.68	0.74
绿色	暗	0.89	0.91
红色	底漆	0.89	0.91
锈色	红色氧化铁	0.38	0.50
茶色	/	0.43	0.55
白色	不适用	0.17	0.34

c) 排放蒸汽饱和因子 K_s

$$K_s = \frac{1}{1 + 0.053P_{VA}H_{VO}} \quad (\text{公式2.2-18})$$

式中:

K_s —排放蒸汽饱和因子, 无量纲;

P_{VA} —日平均液面温度下的饱和蒸气压, 磅/平方英寸(绝压), 见公式2.2-22;

H_{VO} —蒸汽空间高度, 英尺, 见公式2.2-7;

0.053—常数, (磅/平方英寸(绝压)·英尺)⁻¹。

d) 蒸汽密度 W_v 计算

$$W_v = \frac{M_v P_{VA}}{RT_{LA}} \quad (\text{公式2.2-19})$$

式中:

W_v —蒸汽密度, 磅/立方英尺;

M_v —蒸汽分子质量, 磅/磅-摩尔;

R —理想气体状态常数, 10.731磅/(磅-摩尔·英尺·兰氏度);

P_{VA} —日平均液面温度下的蒸气压, 磅/平方英寸(绝压), 见公式2.2-23;

T_{LA} —日平均液体表面温度, 兰氏度, 取年平均实际储存温度, 如无该数据, 用公式2.2-20计算。

日平均液体表面温度 T_{LA} 的计算方法如下:

$$T_{LA} = 0.44T_{AA} + 0.56T_B + 0.0079\alpha I \quad (\text{公式2.2-20})$$

$$T_{AA} = \left(\frac{T_{AX} + T_{AN}}{2} \right) \quad (\text{公式2.2-21})$$

$$T_B = T_{AA} + 6\alpha - I \quad (\text{公式2.2-22})$$

式中:

T_{LA} —日平均液体表面温度, 兰氏度;

T_{AA} —日平均环境温度, 兰氏度;

T_{AX} —计算月的日最高环境温度, 兰氏度;

T_{AN} —计算月的日最低环境温度, 兰氏度;

T_B —储液主体温度, 兰氏度;

α —罐漆太阳能吸收率, 无量纲, 见表2.2-1;

I —太阳辐射强度, 英热/(平方英尺·天)。

当 T_{LA} 值无法取得时, 可用表2.2-2计算。

表 2.2-2 年平均储藏温度计算表

罐体颜色	年平均储藏温度, T_s (华氏度)
白	$T_{AA}+0$
铝	$T_{AA}+2.5$
灰	$T_{AA}+3.5$
黑	$T_{AA}+5.0$

注: 此表格中 T_{AA} 为年平均环境温度(华氏度)。

日平均液面温度下的蒸气压 P_{VA} 的计算方法如下:

对于石油液体出料的日平均液体表面温度下的蒸汽压, 可按照公式2.2-23计算。

$$P_{VA} = \exp \left[A - \left(\frac{B}{T_{LA}} \right) \right] \quad (\text{公式2.2-23})$$

式中:

A—蒸气压公式中的常数，无量纲量；

B—蒸气压公式中的常数，兰氏度；

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度；

P_{VA} —日平均液面温度下的蒸气压，磅/平方英寸（绝压）。

对于油品：

$$A = 15.64 - 1.854S^{0.5} - (0.8742 - 0.3280S^{0.5})\ln(RVP) \quad (\text{公式2.2-24})$$

$$B = 8742 - 1042S^{0.5} - (1049 - 179.4S^{0.5})\ln(RVP) \quad (\text{公式2.2-25})$$

对于原油：

$$A = 12.82 - 0.9672 \ln(RVP) \quad (\text{公式2.2-26})$$

$$B = 7261 - 1216 \ln(RVP) \quad (\text{公式2.2-27})$$

$$S = \frac{15\% \text{馏出温度} - 5\% \text{馏出温度}}{15 - 5} \quad (\text{公式2.2-28})$$

式中：

RVP—雷德蒸气压，磅/平方英寸；

S—10%蒸发量下ASTM蒸馏曲线斜率， $^{\circ}\text{F}/\text{vol}\%$ 。对于单一物质（如苯、对二甲苯）的日平均液体表面蒸气压，可按照公式2.2-29计算。

$$\lg P_{VA} = A - \left(\frac{B}{T_{LA} + C} \right) \quad (\text{公式2.2-29})$$

式中：

A、B、C—安托因常数；

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度；

P_{VA} —日平均液面温度下的蒸气压，毫米汞柱。

(2) 工作损失

工作损失与储料的装卸作业相关，固定罐的工作损失按公式 2.2-30 计算。

$$E_w = \frac{5.614}{RT_{LA}} M_V P_{VA} Q K_N K_P K_B \quad (\text{公式 2.2-30})$$

式中：

E_w —统计期内工作损失，磅；

M_V —气相分子量，磅/磅-摩尔；

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度；

R —理想气气体状态常数，10.731 磅/(磅-摩尔·英尺·兰氏度)；

P_{VA} —日平均液体表面温度下的蒸气压，磅/平方英寸(绝压)，
见公式 2.2-23；

Q —统计期内物料周转量，周转量可通过平均液位高度变化进行折算修正，具体见公式 2.2-3；

K_P —工作损失产品因子，无量纲量；原油 $K_P=0.75$ ，其他有机液体 $K_P=1$ ；

K_B —呼吸阀工作校正因子；

K_N —工作损失周转(饱和)因子，无量纲量。

当周转数 > 36 ， $K_N = (180 + N) / 6N$ ；

当周转数 ≤ 36 ， $K_N = 1$ ；

N为年周转数量，无量纲。

$$N = \frac{5.614Q}{V_{LX}} \quad (\text{公式2.2-31})$$

式中：

V_{LX} —储罐的最大液体容量，立方英尺。

呼吸阀工作时的校正因子， K_B 可用公式2.2-32和公式2.2-33
计算：

当

$$K_N \left[\frac{P_{BP} + P_A}{P_I + P_A} \right] > 1 \quad (\text{公式2.2-32})$$

时

$$K_B = \left[\frac{\frac{P_I + P_A}{K_N} - P_{VA}}{P_{BP} + P_A - P_{VA}} \right] \quad (\text{公式2.2-33})$$

式中：

K_B —呼吸阀校正因子，无量纲量；

P_I —正常工况条件下气相空间压力，磅/平方英寸（表压）；

P_I 是一个实际压力（表压），如果处在大气压下（不是真空或处在稳定压力下）， P_I 为0；

P_A —大气压，磅/平方英寸（绝压）；

K_N —工作排放周转（饱和）因子，无量纲量；

P_{VA} —日平均液面温度下的蒸气压，磅/平方英寸（绝压），

见公式2.2-23;

P_{BP} —吸阀压力设定, 磅/平方英寸(表压)。

2.2.2.2 浮顶罐总损失

浮顶罐的总损失是边缘密封、出料挂壁、浮盘附件和浮盘缝隙损失的总和, 计算式见公式2.2-34。但密闭的内浮顶罐或穹顶外浮顶罐(只通过压力/真空阀排气的储罐), 或边缘使用了密封材料封闭或浮盘附件已老化或被储料浸渍的情况不适用。

$$E_{\text{浮}} = E_R + E_{WD} + E_F + E_D \quad (\text{公式2.2-34})$$

式中:

$E_{\text{浮}}$ —统计期内浮顶罐总损失, 磅;

E_R —统计期内边缘密封损失, 磅;

E_{WD} —统计期内挂壁损失, 磅;

E_F —统计期内浮盘附件损失, 磅;

E_D —浮盘缝隙损失(只限螺栓连接式的浮盘或浮顶), 磅。

(1) 边缘密封损失 E_R 计算

$$E_R = (K_{Ra} + K_{Rb}V^n)DP^*M_VK_C \quad (\text{公式2.2-35})$$

式中:

E_R —统计期内边缘密封损失, 磅;

K_{Ra} —零风速边缘密封损失因子, 磅-摩尔/英尺·年, 见表2.2-3;

K_{Rb} —有风时边缘密封损失因子, 磅-摩尔/(迈ⁿ·英尺·年),

见表2.2-3;

- v—罐区平均环境风速，迈；
n—密封相关风速指数，无量纲量，见表2.2-3；
D—罐体直径，英尺；
M_V—气相分子质量，磅/磅-摩尔；
K_C—产品因子，原油0.4，其它挥发性有机液体为1；
P*—蒸气压函数，无量纲量。

$$P^* = \frac{\frac{P_{VA}}{P_A}}{\left[1 + \left(1 - \frac{P_{VA}}{P_A}\right)^{0.5}\right]^2} \quad (\text{公式2.2-36})$$

式中：

P_{VA}—日平均液体表面蒸气压，磅/平方英寸（绝压），见公式2.2-23；

P_A—大气压，磅/平方英寸（绝压）。

表 2.2-3 浮顶罐边缘密封损失因子

罐体类型	密封	K _{Ra} (磅-摩尔/英尺·年)	K _{Rb} 磅-摩尔/(迈 ⁿ ·英尺·年)	n
焊接	机械式鞋形密封			
	只有一级	5.8	0.3	2.1
	边缘靴板	1.6	0.3	1.6
	边缘刮板	0.6	0.4	1.0
	液体镶嵌式（接触液面，无气相空间）			
	只有一级	1.6	0.3	1.5
	挡雨板	0.7	0.3	1.2
	边缘刮板	0.4	0.6	0.3
	气体镶嵌式（不接触液面，有气相空间）			
	只有一级	6.7	0.2	3.0
	挡雨板	3.3	0.1	3.0

罐体类型	密封	K_{Ra} (磅-摩尔/英尺·年)	K_{Rb} 磅-摩尔/(迈 ⁿ ·英尺·年)	n
	边缘刮板	2.2	0.003	4.3
铆接	机械式鞋形密封			
	只有一级	10.8	0.4	2.0
	边缘靴板	9.2	0.2	1.9
	边缘刮板	1.1	0.3	1.5

注：表中边缘密封损失因子 K_{Ra} 、 k_{Rb} 、n只适用于风速6.8米/秒以下。

(2) 挂壁损失 E_{WD} 计算

$$E_{WD} = \frac{0.943QC_sW_L}{D} \left(1 + \frac{N_C F_C}{D} \right) \quad (\text{公式 2.2-37})$$

式中：

E_{WD} —统计期内挂壁损失，磅；

Q —统计期内周转量，周转量可通过平均液位高度变化进行折算修正，具体见公式 2.2-3；

C_s —储罐罐壁油垢因子，见表 2.2-4；

W_L —有机液体密度，磅/加仑，部分物料参数见附表 A；

D —罐体直径，英尺；

0.943—常数，1000 立方英尺·加仑/桶²；

N_C —固定顶支撑柱数量（对于自支撑固定浮顶或外浮顶罐： $N_C=0$ ），无量纲量；

F_C —有效柱直径，英尺，取值 1。

表 2.2-4 储罐罐壁油垢因子

介质	罐壁状况 (桶/1000 平方英尺)		
	轻锈	中锈	重锈
汽油	0.0015	0.0075	0.15
原油	0.006	0.03	0.6

介质	罐壁状况 (桶/1000 平方英尺)		
	轻锈	中锈	重锈
汽油	0.0015	0.0075	0.15
其它有机液体	0.0015	0.0075	0.15

注：储罐内壁平均 3 年以上（包括 3 年）除锈一次，为重锈；平均两年除锈一次，为中锈；平均每年除锈一次，为轻锈。

(3) 浮盘附件损失 E_F 计算

$$E_F = F_F P^* M_V K_C \quad (\text{公式 2.2-38})$$

式中：

E_F —统计期内浮盘附件损失，磅/年；

F_F —总浮盘附件损失因子，磅-摩尔/年。

$$F_F = \left[(N_{F1} K_{F1}) + (N_{F2} K_{F2}) + \dots + (N_{Fn} K_{Fn}) \right] \quad (\text{公式 2.2-39})$$

式中：

N_{Fi} — i 类浮盘附件数，无量纲量；

K_{Fi} — i 类附件损失因子，磅-摩尔/年，见公式 2.2-40；

N_{fn} —某类的附件总数，无量纲量；

P^* ， M_V ， K_C 的定义见公式 2.2-32。

F_F 的值可由罐体实际参数中附件种类数 (N_F) 乘以每一种附件的损失因子 (K_F) 计算。

对于浮盘附件， K_{Fi} 可由公式 2.2-40 计算；

$$K_{Fi} = K_{Fa_i} + K_{Fb_i} (K_v V)^{m_i} \quad (\text{公式 2.2-40})$$

式中：

K_{Fi} —浮盘附件损失因子，磅-摩尔/年；

K_{Fai} —无风情况下浮盘附件损失因子，磅-摩尔/年，见表 2.2-5；

K_{Fbi} —有风情况下浮盘附件损失因子，磅-摩尔/（迈^m·年），见表 2.2-5；

m_i —i 类浮盘损失因子，无量纲量，见表 2.2-5；

K_v —附件风速修正因子，无量纲量（外浮顶罐， $K_v=0.7$ ；内浮顶罐和穹顶外浮顶罐， $K_v=0$ ）；

v —平均气压平均风速，迈。

表 2.2-5 浮顶罐浮盘附件损失系数表

附件	状态	K_{Fai} (磅-摩尔/年)	K_{Fbi} (磅-摩尔/ (迈 ⁿ ·年))	m
人孔	螺栓固定盖子，有密封件	1.6	0	0
	无螺栓固定盖子，无密封件	36	5.9	1.2
	无螺栓固定盖子，有密封件	31	5.2	1.3
计量井	螺栓固定盖子，有密封件	2.8	0	0
	无螺栓固定盖子，无密封件	14	5.4	1.1
	无螺栓固定盖子，有密封件	4.3	17	0.38
支柱井	内嵌式柱形滑盖，有密封件	33	/	/
	内嵌式柱形滑盖，无密封件	51	/	/
	管柱式滑盖，有密封件	25	/	/
	管柱式挠性纤维衬套密封	10	/	/
取样管/井	有槽管式滑盖/重加权，有密封件	0.47	0.02	0.97
	有槽管式滑盖/重加权，无密封件	2.3	0	0
	切膜纤维密封（开度 10%）	12	/	/
有槽导杆 和取样井	无密封件滑盖（不带浮球）	43	270	1.4
	有密封件滑盖（不带浮球）			
	无密封件滑盖（带浮球）	31	36	2.0
	有密封件滑盖（带浮球）			
	有密封件滑盖（带导杆凸轮）			

附件	状态	K_{Fai} (磅-摩尔/年)	K_{Fbi} (磅-摩尔/ (迈 ⁿ ·年))	m
	有密封件滑盖 (带导杆衬套)	11	46	1.4
	有密封件滑盖 (带导杆衬套及凸轮)	8.3	4.4	1.6
	有密封件滑盖 (带浮球和导杆凸轮)	21	7.9	1.8
	有密封件滑盖 (带浮球、衬套和凸轮)	11	9.9	0.89
无槽导杆 和取样井	无衬垫滑盖	13	150	1.4
	无衬垫滑盖带导杆	25	2.2	2.1
	衬套衬垫带滑盖	25	13	2.2
	有衬垫滑盖带凸轮	14	3.7	0.78
	有衬垫滑盖带衬套	8.6	12	0.81
呼吸阀	附重加权, 未加密封件	7.8	0.01	4.0
	附重加权, 加密封件	6.2	1.2	0.94
浮盘支柱	可调式 (浮筒区域) 有密封件	1.3	0.08	0.65
	可调式 (浮筒区域) 无密封件	2.0	0.37	0.91
	可调式 (中心区域) 有密封件	0.53	0.11	0.13
	可调式 (中心区域) 无密封件	0.82	0.53	0.14
	可调式, 双层浮顶	0.82	0.53	0.14
	可调式 (浮筒区域), 衬垫	1.2	0.14	0.65
	可调式 (中心区域), 衬垫	0.49	0.16	0.14
	固定式	0	0	0
边缘通气 阀	配重机械驱动机构, 有密封件	0.71	0.1	1.0
	配重机械驱动机构, 无密封件	0.68	1.8	1.0
楼梯井	滑盖, 有密封件	98	/	/
	滑盖, 无密封件	56	/	/
浮盘排水	/	1.2	/	/

注: 表中浮盘附件密封损失因子 K_{Fai} 、 K_{Fbi} 、 n 只适用于风速 6.8 米/秒以下。

(4) 浮盘缝隙损失 E_D 计算

螺栓固定的浮盘存在盘缝损失, 由公式 2.2-41 计算:

$$E_D = K_D S_D D^2 P^* M_V K_C \quad (\text{公式 2.2-41})$$

式中:

K_D —盘缝损耗单位缝长因子,焊接式浮盘,螺栓式浮盘为0.14磅-摩尔/(英尺·年);

S_D —盘缝长度因子,英尺/平方英尺,为浮盘缝隙长度与浮盘面积的比值;无数据时,见表2.2-6;

D , P^* , M_V 和 K_C 的定义见公式2.2-35。

表 2.2-6 浮顶罐浮盘缝隙长度因子

序号	浮盘构造	盘缝长度因子
1	浮筒式浮盘	4.8
2	双层板式浮盘	0.8

注:表中的浮盘缝隙长度因子只适用于螺栓连接时浮盘,焊接式浮盘没有盘缝损耗;

表中的双层板式浮盘系数是根据典型5000m³内浮顶储罐的相关实测值和构造参数计算得出;

浮筒式浮盘的盘缝损耗约是双层板式的6倍。

2.2.2 系数法

在公式法使用条件无法满足时,采用系数法计算储罐的VOCs产生量,见公式2.2-42。

$$E_{\text{储罐}} = EF \times Q \quad (\text{公式2.2-42})$$

式中:

$E_{\text{储罐}}$ —统计期内储罐的VOCs产生量,千克;

EF —产污系数(单位体积周转物料的物料挥发损失),见表2.2-7,千克/立方米;

Q —统计期内物料周转量,立方米。

表 2.2-7 储罐 VOCs 产污系数

存储物料	产污系数	存储物料	产污系数	存储物料	产污系数
正戊烷	1.366	丁醇	0.12	乙醇胺	0.491
异戊烷	8.809	二级丁醇	0.278	乙烷胺	1.151
己烷	0.539	三级丁醇	0.522	丙酮	0.551

存储物料	产污系数	存储物料	产污系数	存储物料	产污系数
环己烷	0.416	环己醇	0.075	丁酮	0.395
庚烷	0.851	乙醇	0.427	甲基异丁酮	0.277
正癸烷	0.078	异丁醇	0.176	环己酮	0.228
正十二烷	0.495	异丙醇	0.558	庚酮	0.01
十五烷	0.102	甲醇	0.572	石油脑	0.739
1-戊烯	1.749	丙醇	0.252	炼油	0.739
戊二烯	1.006	二次乙二醇	0.01	醋酸乙烯酯	1.45
环戊烯	0.934	二甘醇	0.359	正乙酸丙酯	0.14
十二烯	0.617	丙二醇	0.839	异丁酸异丁酯	0.04
异戊二烯	1.402	乙二醇	0.246	甲苯二异氰酸酯	0.101
苯	1.228	乙硫醇	1.222	丁醛	0.407
乙苯	0.271	氯醇	0.348	异丁醛	0.288
甲苯	0.499	酚	0.737	丙醛	0.707
间二甲苯	0.243	甲酚	0.615	醋酸酐	0.159
邻二甲苯	0.201	乙醚	1.426	氯仿	1.03
对二甲苯	0.256	甲基四丁醚	1.11	1,1,1-三氯乙烷	0.546
混合二甲苯	0.19	二次乙二醇 单丁醚	0.01	四氯乙烯	0.7
异丙苯	0.187	乙二醇单丁醚	0.03	三氯乙烯	1.678
二异丙基苯	0.03	二次乙二醇 单甲醚	0.01	丙烯晴	0.947
甲基苯乙烯	0.083	乙二醇单甲醚	0.031	硝基苯	0.055
苯乙烯	0.188	双-β-羟基-n- 丙醚	0.01	苯胺	0.044
氯苯	0.343	乙酸	0.209	丙烯乙脂	0.755
邻一二氯苯	0.089	丙烯酸	0.086	丙烯酸异丁酯	0.05
对一二氯苯	0.105	己二酸	0.036	醋酸异丙酯	1.091
苯甲氧	0.01	蚁酸	0.38	醋酸甲酯	2.301
四氯化碳	2.756	丙酸	0.083	丙烯酸甲酯	1.246
二溴乙烷	0.679	乙酸丁酯	0.328	甲基丙烯酸甲酯	0.539
二氯乙烷	1.318	丙烯酸丁酯	0.214	乙酸乙酯	1.294

注：数据摘自台湾《公私场所固定污染源申报空气污染防制费之挥发性有机物操作单元排放系数》。

2.3 有机液体装载挥发损失

有机液体物料在装载过程中，收料容器内的有机液体蒸汽被物料置换，产生 VOCs。

2.3.1 公式法

装载VOCs产生量按公式2.3-1计算：

$$E_{\text{装卸}} = L_L \times Q \times (1 - \eta_{\text{平衡管}}) \quad (\text{公式2.3-1})$$

式中：

$E_{\text{装载}}$ —统计期内装载的VOCs产生量，千克；

L_L —装载损失产污系数，千克/立方米，详见2.3.2.1节及2.3.2.2节；

Q —统计期内物料装载量，立方米。

$\eta_{\text{平衡管}}$ —装载平衡管控制效率，见表2.3-1。

表 2.3-1 装载平衡管口控制效率取值

取值条件	控制效率
装载系统未设蒸气平衡/处理系统	0
真空装载且保持真空度小于-0.37千帕	100%
罐车与油气收集系统法兰、硬管螺栓连接	100%

2.3.2.1 公路、铁路装载损失产污系数

$$L_L = C_0 \times S \quad (\text{公式2.3-2})$$

$$C_0 = \frac{P_T M}{RT} \quad (\text{公式2.3-3})$$

式中：

L_L —装载损失产污系数，千克/立方米；

S —饱和因子，代表排出的VOCs接近饱和的程度，见表2.3-2；

C_0 —装载罐车气、液相处于平衡状态，将物料蒸汽视为理想气体下的密度，千克/立方米，见公式2.3-3;

T —实际装载时物料蒸汽温度，开氏度;

P_T —温度 T 时装载物料的真实蒸气压，千帕;

M —物料的分子量，克/摩尔;

R —理想气体常数，8.314焦耳/(摩尔·开氏度)。

表 2.3-2 公路、铁路装载损失计算中饱和因子

操作方式		饱和因子 S
底部/液下装载	新罐车或清洗后的罐车	0.5
	正常工况（普通）的罐车	0.6
	上次卸车采用油气平衡装置	1.0
喷溅式装载	新罐车或清洗后的罐车	1.45
	正常工况（普通）的罐车	1.45
	上次卸车采用油气平衡装置	1.0

2.3.2.2 船舶装载损失产污系数

(1) 船舶装载原油时:

$$L_L = L_A + L_G \quad (\text{公式2.3-4})$$

式中:

L_L —装载损失产污系数，千克/立方米;

L_A —已有产污系数，指装载前空舱中已有的蒸汽在装载损耗中的贡献，千克/立方米，见表2.3-3;

L_G —生成产污系数，千克/立方米，指在装载过程中气化的部分，按式2.3-5计算。

$$L_G = (0.064P_T - 0.42) \times \frac{MG}{RT} \quad (\text{公式2.3-5})$$

式中：

L_G —生成产污系数，千克/立方米；

P_T —温度T时装载原油的饱和蒸气压，千帕；

M —蒸气的分子量，克/摩尔；

G —蒸气增长因子1.02，无量纲；

T —装载时蒸气温度，开氏度；

R —理想气体常数，8.314焦耳/（摩尔·开氏度）。

表 2.3-3 装载原油时的已有产污系数 L_A

船舱情况	上次装载	已有排放因子 L_A (千克/立方米)
未清洗	挥发性物质 ^a	0.103
装有压舱物	挥发性物质	0.055
清洗后/无油品蒸气	挥发性物质	0.040
任何状态	不挥发物质	0.040

注：a：指真实蒸气压大于10千帕的物质。

(2) 船舶装载汽油时：

船舶装载汽油的损失产污系数 L_L 见表2.3-4。

表 2.3-4 船舶装载汽油时损失排放因子 L_L

舱体情况	上次装载物	油轮/远洋驳船 ^a (千克/立方米)	驳船 ^b (千克/立方米)
未清洗	挥发性物质	0.315	0.465
装有压舱物	挥发性物质	0.205	驳船不压舱
清洗后	挥发性物质	0.180	/
无油品蒸气 ^c	挥发性物质	0.085	/
任何状态	不挥发物质	0.085	/
无油品蒸气	任何货物	/	0.245
典型总体状况 ^d	任何货物	0.215	0.410

注：a：远洋驳船（船舱深度12.2米）表现出产污水平与油轮相似；

b：驳船（船舱深度3.0-3.7米）则表现出更高的产污水平；

c：指从未装载挥发性液体，舱体内部没有VOCs蒸气；

d：基于测试船只中41%的船舱未清洁、11%船舱进行了压舱、24%的船舱进行了清洁、24%为无蒸气。

驳船中76%为未清洁。

(3) 船舶装载汽油和原油以外的产品时:

装载损失产污系数 L_L 采用公式2.3-3计算, 饱和因子 S 取值见表2.3-5。

表 2.2-5 船舶装载汽油和原油以外油品时的饱和因子 S

交通工具	操作方式	饱和因子 S
水运	轮船液下装载 (国际)	0.2
	驳船液下装载 (国内)	0.5

2.3.2 系数法

在公式法使用条件均无法满足时, 采用系数法计算装载的VOCs产生量, 见公式2.3-6。

$$E_{\text{装卸}} = L_L \times Q \quad (\text{公式2.3-6})$$

式中:

$E_{\text{装载}}$ —统计期内装载VOCs产生量, 千克;

L_L —装载损失产污系数, 见表2.3-6与表2.3-7, 千克/立方米;

Q —统计期内物料周转量, 立方米。

表 2.3-6 铁路和公路装载装载损失产污系数 (千克/立方米)

装载物料	底部/液下装载		喷溅装载	
	新罐车或清洗后的罐车	正常工况 (普通) 的罐车	新罐车或清洗后的罐车	正常工况 (普通) 的罐车
汽油	0.812	1.624	2.355	1.624
煤油	0.518	1.036	1.503	1.036
柴油	0.076	0.152	0.220	0.152
轻石脑油	1.137	2.275	3.298	2.275
重石脑油	0.426	0.851	1.234	0.851
原油	0.276	0.552	0.800	0.552
轻污油	0.559	1.118	1.621	1.118

装载物料	底部/液下装载		喷溅装载	
	新罐车或清洗后的罐车	正常工况(普通)的罐车	新罐车或清洗后的罐车	正常工况(普通)的罐车
重污油	0.362	0.724	1.049	0.724

注：基于设计或标准中雷德蒸气压最大值计算，装载温度取25摄氏度。

表 2.3-7 船舶装载装载损失产污系数^a (千克/立方米)

排放源	汽油 ^b	原油	航空油 (JP4)	航空煤油(普通)	燃料油 (柴油)	渣油
远洋驳船	表 2.3-3	0.073	0.060	0.00063	0.00055	0.000004
驳船	表 2.3-3	0.12	0.15	0.0016	0.0014	0.000011

注：a: 排放因子基于16摄氏度油品获取，表中汽油的雷德蒸气压为69千帕，原油的雷德蒸气压为34千帕；

b: 汽油损失产污系数从表2.3-3中选取。

2.4 废水集输、储存、处理处置过程逸散

石化废水可分为水相和油相两类，水相和油相中均含有VOCs，VOCs在废水集输、储存、处理处置过程中通过逸散进入大气。废水集输、储存、处理处置过程VOCs产生量计算方法主要包括公式法、模型法、系数法。

2.4.1 公式法

废水环节的VOCs产生量为水面油层中和水中VOCs产生量的加和，见公式2.4-1。

$$E_{\text{废水}} = E_{\text{油相}} + E_{\text{水相}} \quad (\text{公式2.4-1})$$

式中：

$E_{\text{废水}}$ —统计期内废水的VOCs产生量，千克；

$E_{\text{油相}}$ —统计期内收集系统集水井、处理系统浮选池和隔油池中油层的VOCs产生量，千克，按储罐的公式法计算，详见公式

2.2-4, 其中浮油真实蒸汽压需要实测, 如无实测, 按85千帕计算;

$E_{\text{水相}}$ —统计期内废水收集支线和废水处理厂水相中VOCs产生量, 千克, 按公式2.4-2计算;

$$E_{\text{水相}} = \sum_{i=1}^n \left[10^{-3} \times Q_i \times (EVOCS_{\text{进水},i} - EVOCS_{\text{出水},i}) \times t_i \right] \quad (\text{公式2.4-2})$$

式中:

$E_{\text{水相}}$ —统计期内废水的VOCs产生量, 千克;

Q_i —废水收集或处理设施的废水流量, 立方米/小时;

$EVOCS_{\text{进水},i}$ —废水收集、处理设施*i*进水中的逸散性挥发性有机物浓度, 毫克/升;

$EVOCS_{\text{出水},i}$ —废水收集或处理设施*i*出水中的逸散性挥发性有机物浓度, 毫克/升;

t_i —统计期内废气处理设施*i*的运行时间, 小时。

EVOCs的监测方法可采用《水质 总有机碳的测定 燃烧氧化-非分散红外吸收法》(HJ 501-2009), 以可吹出有机碳(POC)代表EVOCs。

2.4.2 系数法

废水收集或处理设施的VOCs产生量可采用如下系数法计算:

$$E_{\text{废水}} = \sum_{i=1}^n (EF \times Q_i \times t_i) \quad (\text{公式2.4-3})$$

式中:

$E_{\text{废水}}$ —统计期内废水的VOCs产生量, 千克;

EF —废水收集/处理设施*i*的产污系数, 千克/立方米, 见表 2.4-2;

Q_i —废水收集/处理设施*i*的废水处理量, 立方米/小时;

t_i —统计期内废气处理设施*i*的运行时间, 小时。

表 2.4-2 废水收集或处理设施 VOCs 产污系数

适用范围	单位排放强度 (千克/立方米)
废水收集系统及油水分离	0.6
废水处理厂-废水处理设施 ^a	0.005

注: a: 废水处理设施指除收集系统及油水分离外的其他处理设施。

2.5 燃烧烟气排放

燃烧烟气排放环节VOCs产生量计算方法主要包括实测法和系数法。

2.5.1 实测法

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n \left(10^{-6} \times Q_i \times C_i \times t_i \right) \quad (\text{公式2.5-1})$$

式中:

$E_{\text{燃烧}}$ —统计期内燃烧烟气排放的VOCs产生量, 千克;

Q_i —燃烧烟气排放设施*i*实测气体流量, 立方米/小时;

C_i —燃烧烟气排放设施*i*实测VOCs浓度, 毫克/立方米;

t_i —统计期内燃烧烟气排放设备*i*的生产小时数，小时；

n —统计期内测量次数。

2.5.2 系数法

燃烧烟气无实测数据时，采用系数法计算VOCs产生量，见公式2.5-2。

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (EF_i \times Q_i) \quad (\text{公式2.5-2})$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ —统计期内燃烧烟气排放的VOCs产生量，千克；

Q_i —统计期内燃料*i*的消耗量，煤（吨）、天然气（立方米）、液化石油气（立方米，液态）；

EF_i —燃料*i*产污系数，千克/单位燃料消耗，见表2.5-1。

表2.5-1 燃料燃烧VOCs产污系数

燃料类型	锅炉形式	产污系数 (千克/吨·煤)
烟煤和亚烟煤 ^a	煤粉炉，固态排渣	0.030
	煤粉炉，液态排渣	0.020
	旋风炉	0.055
	抛煤机链条炉排炉	0.025
	上方给料炉排炉	0.025
	下方给料炉排炉	0.650
	手烧炉	5.000
	流化床锅炉	0.025
褐煤 ^a	煤粉炉，固态排渣，切圆燃烧	0.020
	旋风炉	0.035

	抛煤机链条炉排炉	0.015
	上部给料链条炉排炉	0.015
	常压流化床锅炉	0.015
无烟煤 ^b	炉排炉	0.150
燃油 ^a	电站锅炉	0.038 (千克/吨-油)
	工业燃油锅炉	0.140 (千克/吨-油)
	工业燃馏分油锅炉	0.100 (千克/吨-油)
天然气 ^b	/	1.762E-04 (千克/立方米天然气)
丁烷 ^b	/	0.132 (千克/立方米液化石油气, 液态)
丙烷 ^b	/	0.120 (千克/立方米液化石油气, 液态)

注: a: 此处产污系数以总非甲烷有机物 (TNMOC) 代替VOCs;

b: 此处产污系数以总有机化合物 (TOC) 代替VOCs。

2.6 工艺有组织排放

工艺有组织排放是指工艺生产过程中通过排气筒排放产生VOCs废气/尾气。

2.6.1 实测法

通过对工艺有组织排气筒出口的气体流量和污染物的浓度进行实测, 计算工艺有组织VOCs的排放量, 计算方法见公式

2.6-1:

$$E_{\text{有组织}} = \sum_{i=1}^n (10^{-6} \times Q_i \times C_i \times t_i) \quad (\text{公式2.6-1})$$

式中:

$E_{\text{有组织}}$ —统计期内工艺有组织排放的VOCs排放量, 千克;

Q_i —工艺有组织排放设施*i*排气筒出口实测气体流量, 立方米

/小时;

C_i —工艺有组织排放设施*i*排气筒出口实测VOCs浓度, 毫克/立方米;

t_i —统计期内该工艺有组织废气排放设备*i*的生产小时数, 小时;

n —统计期内测量次数, 次。

2.6.2 系数法

无法获得工艺有组织排放实测数据时, 采用系数法计算VOCs产生量, 见公式2.6-2。系数法计算结果包含工艺有组织和无组织的VOCs产生量。

$$E_{\text{工艺有组织}} = E_{\text{炼制}} + E_{\text{化学}} \quad (\text{公式2.6-2})$$

式中:

$E_{\text{工艺有组织}}$ —统计期内工艺生产过程的VOCs产生量, 千克;

$E_{\text{炼制}}$ —统计期内石油炼制工业工艺过程VOCs产生量, 千克;

$E_{\text{化学}}$ —统计期内石油化学工业工艺过程VOCs产生量, 千克。

$$E_{\text{炼制}} = \sum_{i=1}^n (EF_i \times Q_i) \quad (\text{公式2.6-3})$$

式中:

EF_i —石油炼制工业生产工艺*i*的产污系数, 千克/单位原料或产品产量, 见表2.6-1;

Q_i —统计期内生产工艺*i*的原料用量或产品产量, 单位原料用

量或产品产量（吨、立方米）。

表 2.6-1 石油炼制工业生产工艺 VOCs 产污系数

工艺名称 ^a	产污系数（千克）	原料用量或产品产量	单位
流化催化裂化（FCC）	0.63	原料用量	立方米
生产设备吹扫	0.002（每次）	原料用量	立方米
减压蒸馏塔塔顶冷凝器	0.14	原料用量	立方米
催化重整	0.0007	原料用量	立方米
焦化装置	0.003	产品产量	吨
润滑油生产	0.077	产品产量	立方米
沥青氧化	0.031	产品产量	立方米
催化汽油氧化脱硫	0.065	产品产量	立方米
芳烃抽提	0.009	产品产量	立方米
工艺名称 ^b	产污系数	原料用量或产品产量	单位
真空蒸馏制造	0.097	原料用量	立方米
硫磺回收处理	3.735	产品产量	吨
原油常压蒸馏	0.46	产品产量	立方米
加氢脱硫处理	0.118	产品产量	立方米
烷化	0.003	产品产量	立方米
氢气制造	0.005	产品产量	立方米
触煤重组	0.038	产品产量	立方米
其他石油制品制造	0.14	产品产量	立方米

注：a：此处产污系数摘自环保部《石油炼制、石油化学工业VOCs排放量简化核算方法》；

b：此处产污系数摘自台湾《公私场所固定污染源申报空气污染防治费之挥发性有机物行业制程产污系数》。

$$E_{\text{化学}} = \sum_{i=1}^n (EF_i \times Q_i) \quad (\text{公式2.6-5})$$

式中：

EF_i —石油化学工业生产工艺*i*的产污系数，千克/单位原料或产品产量，见表2.6-2；

Q_i —统计期内生产工艺*i*的产品产量，吨。

表2.6-2 石油化学工业生产产品VOCs产污系数

产品名称 ^a	产污系数	产品名称	产污系数	产品名称	产污系数
3-氯丙烯	22.21	聚酯纤维	0.6	聚酰胺尼龙纤维	2.15
乙二醇	0.133	丙烯酸纤维	125.138	醋酸乙烯	4.705
乙苯	0.005	聚烯烃纤维	37.107	聚醚树脂	25.03
乙酐	2.753	高级芳香族聚酰胺纤维	2.15	聚酰胺树脂	0.8
乙烯	0.5	合成乳胶	2.678	制药(原料药生产)	114.14
乙酸乙酯	0.555	合成橡胶	2.603	聚酯树脂(饱和及不饱和树脂)	0.25
乙酸(以甲醇为原料)	1.814	合成纤维加工	0.36	聚氯乙烯	8.509
乙酸(以丁醇为原料)	6.35	低密度聚乙烯	3.85	醋酸纤维	145.2
乙酸(以乙醛为原料)	9.979	脲醛树脂	5.95	环己烷	0.003
乙醇	0.951	抗氧化/促进剂	1.872	环己酮	22.224
乙二胺	0.2	烷基铅	0.501	醛酸树脂	2.878
乙醛	3.239	氟碳/氟氯化物	7.258	邻苯二甲酐(以邻二甲苯氧化生产)	1.201
丁二烯	11.51	表面活性剂	0.983	邻苯二甲酐(以萘氧化生产)	5.006
二氯乙烷	0.108	耐冲击级聚苯乙烯	0.05	邻苯二甲酸二辛脂	0.037
二氯乙烯(直接氯化法)	0.65	苯乙烯	0.039	化妆品	0.144
二氯乙烯(氯化法)	12.05	苯	0.55	夫酸酯类	3.404
二氯乙烯	1.75	苯胺	0.1	木炭	157
三聚氰胺树脂	13.892	马来酸酐	0.001	尿素	0.006
己二酸	21.374	高密度聚乙烯	18	尿素甲醛树脂	5.95
己内酰胺	2.866	异二氰甲苯	9.661	抗(臭)氧化/促进剂	1.872
丙烯	0.5	异丙苯	0.551	氰化氢	7.008
丙烯腈	0.35	烷基苯	0.052	磷酸铵	0.015
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)	0.094	酚醛树脂	7.3	亚克力	2.972
丙烯腈-苯乙烯共聚物(AS)	0.153	酚类	7.708	碳黑	50.255
丙烯酸及丙烯酸酯类	0.174	氯乙烯	0.056	哥罗普林	5.591
丙烯酸树脂	0.6	氯苯	1.486	氨	4.825

产品名称 ^a	产污系数	产品名称	产污系数	产品名称	产污系数
丙烯醇	0.326	发泡剂聚苯乙烯	1.282	接着剂	6.418
四乙基铅	3.125	硝基苯	1.35	氢氟酸	0.01
四甲基铅	96.75	氰甲烷	0.35	硫磺	1.521
四氯化碳	0.155	过氧化氢	9.429	普通级聚苯乙烯	5.55
甘油	8.87	丁酮	1.201	农药	0.001
甲基丙烯酸酯类	25.47	脂类	5.85	醚	0.08
甲醇	5.95	对苯二甲酸/二甲酯	2.039	硫酸铵	0.741
甲醛	5.95	聚丙烯	0.35	环氧树脂	2.553
合成有机纤维	5.133	聚脲树脂	0.978	其他化学品(使用 或反应产生挥发性 有机物)	0.021
环氧乙烷	3.9	离子交换树脂	1.175		

注:此处产污系数摘自台湾《公私场所固定污染源申报空气污染防治费之挥发性有机物行业制程产污系数》。

2.7 工艺无组织排放

系数法适用于延迟焦化装置切焦过程的 VOCs 产生量计算。

$$E_{\text{无组织}} = \sum_{i=1}^n (EF \times Q_i) \quad (\text{公式2.7-1})$$

式中:

$E_{\text{无组织}}$ —统计期间延迟焦化装置切焦过程VOCs年产生量, 千克;

Q_i —统计期内延迟焦化装置*i*的进料量;

EF —VOCs产污系数, 吨/吨-装置进料, 取1.63E-04。

2.8 采样过程排放

采样过程的 VOCs 产生量计算依据设备动静密封点的计算方法。

密闭式采样或等效设施的排放速率可采用相关方程法。采样瓶与采样口连接的，采用“连接件”泄漏系数计算 VOCs 产生量；采样瓶不与采样口连接的，采用“开口管线”泄漏系数计算 VOCs 产生量。

开口式采样的排放速率应采用系数法。采样过程中排出的置换残液或气未经处理直接排入环境的，采用“采样连接系统”和“开口管线”系数分别计算 VOCs 产生量；置换残液或气排入收集处理设施的，采用“开口管线”系数计算 VOCs 产生量。

2.9 火炬排放

火炬系统主要用于处理石油化工企业工厂内正常生产以及非正常生产（包括开停工、检维修、设备故障超压等）过程中工艺装置无法回收的工艺废气、过量燃烧气以及吹扫废气中的可燃有机化合物。火炬产生的 VOCs 通常会包括未被燃烧的碳氢化合物。火炬系统长明灯燃烧产生的 VOCs 排放量，按照 2.5.2 节燃烧烟气系数法计算。

2.9.1 基于组分的公式法

通过对进入火炬气体的成分和流量进行连续测量，计算火炬 VOCs 产生量，计算公式见 2.9-1。

$$E_{\text{火炬},i} = \sum_{n=1}^N \left[Q_n \times t_n \times C_n \times \frac{M_n}{22.4} \times (1 - F_{\text{eff}}) \right] \quad (\text{公式2.9-1})$$

式中：

$E_{\text{火炬},i}$ —统计期内火炬*i*的VOCs产生量，千克；

n —测量序数，第*n*次测量；

N —统计期内测量次数或火炬每次工作时的测量次数；

Q_n —第*n*次测量时火炬气的流量，立方米/小时；

t_n —第*n*次测量时火炬的工作时间，小时；

C_n —第*n*次测量时VOCs的体积分数；

M_n —第*n*次测量时VOCs的分子量，千克/千摩尔；

22.4—摩尔体积转换系数，立方米/千摩尔；

F_{eff} —火炬的燃烧效率，%，取火炬正常操作过程中 $F_{\text{eff}} > 98\%$ 。

部分条件下需修正火炬排放效率，见表2.9-1。

表 2.9-1 火炬的燃烧效率取值

火炬工况	助燃气体类型	火炬操作条件	火炬燃烧效率
正常	无助燃	A.火炬气体的净热值 $\geq 7.45 \text{ MJ/m}^3$ ；	98%
		B.当直径 $\geq \text{DN}80 \text{ mm}$ 、氢含量 $\geq 8\%$ (体积百分数)时，出口流速 $< 37.2 \text{ m/s}$ 且 $< V_{\text{max}}$ ；	
		C.出口流速 $< 18.3 \text{ m/s}$ ，但当燃烧气体的净热值 $> 37.3 \text{ MJ/m}^3$ 时，允许排放流速 $\geq 18.3 \text{ m/s}$ ，但应 $< V_{\text{max}}$ 且 $< 122 \text{ m/s}$ 。	
	蒸汽助燃	A.火炬气体的净热值 $\geq 11.2 \text{ MJ/m}^3$ ；	98%
		B.出口流速 $< 18.3 \text{ m/s}$ ，但当燃烧气体的净热值 $> 37.3 \text{ MJ/m}^3$ 时，允许排放流速 $\geq 18.3 \text{ m/s}$ ，但应 $< V_{\text{max}}$ 且 $< 122 \text{ m/s}$ ；	
		C.蒸汽/气体 ≤ 4 。	
空气助燃	A.火炬气体的净热值 $\geq 11.2 \text{ MJ/m}^3$ ；	98%	

火炬工况	助燃气体类型	火炬操作条件	火炬燃烧效率
		B.出口流速 < Vmax	
非正常	无助燃	不满足火炬气净热值、出口流速的条件	93%
	蒸汽助燃	不满足火炬气净热值、出口流速的条件	93%
		不满足蒸汽与气体比值的条件	80%
	空气助燃	不满足火炬气净热值、出口流速的条件	93%
故障		火炬气流量超过设计值、火炬故障停用或未投用	0%

2.9.2 基于热值的公式法

(1) 基于热值的公式法

依据火炬气的热值，计算火炬的VOCs产生量，见公式2.9-2。

$$E_{\text{火炬},i} = \sum_{i=1}^n (Q_n \times t_n \times LHV_n \times EF) \quad (\text{公式2.9-2})$$

式中：

$E_{\text{火炬},i}$ —统计期内火炬i的VOCs产生量，千克；

n —测量序数，第 n 次测量；

N —年测量次数或火炬每次工作时的测量次数；

Q_n —第 n 次测量时火炬气的体积流量，立方米/小时；

t_n —统计期内第 n 次测量时火炬的工作时间，小时；

LHV_n —第 n 次测量时火炬气的低热值，兆焦耳/立方米；

EF —总烃（以甲烷计）产污系数，千克/兆焦，取 $6.02E-05$ 。

测量气体体积应和测定气体热值的条件相同。火炬停用或故障时，公式2.9-2应乘以 $1/(1-F_{\text{eff}})$ ，其中 F_{eff} 默认值取98%。当采用基于热值的公式法计算火炬VOCs产生量时，事故中的容器超压排放VOCs产生量未包含在内，需另行计算。

2.9.3 基于装置的公式法

未对火炬进行实际测量时，火炬VOCs产生量计算，见公式2.9-3。

$$E_{\text{火炬}} = \sum_{i=1}^n [Q_n \times (1 - E_{\text{eff}})] \quad (\text{公式2.9-3})$$

式中：

$E_{\text{火炬}}$ —统计期内火炬的VOCs产生量，千克；

N —统计期内火炬排放次数，次；

n —火炬排放序数，第 n 次排放；

Q_n —统计期内第 n 次排放时的排入火炬的总废气量（干基），千克；

E_{eff} —火炬燃烧效率，取80%。

2.10 非正常工况（含开停工及维修）排放

非正常工况（含开停工及维修）排放的VOCs产生量包括气相单元的产生量和液相单元的产生量。

气相单元是指开停工时泄压、吹扫等动作产生的VOCs；液相单元是指容器内残留的积液等逸散产生的VOCs。当非正常工况排放的VOCs进入火炬，且火炬VOCs产生量按实测法和基于热值的公式法计算时，非正常工况的VOCs产生量可不重复计算，除此之外均应单独计算。

2.10.1 公式法

气相、液相单元的VOCs产生量均采用公式法计算。

$$E_{\text{开停工}} = E_{\text{容器泄压吹扫}} \quad (\text{公式2.10-1})$$

2.10.1.1 气相工艺设备泄压与吹扫排放

如容器内没有液体物料，气体遵守理想气体定律，见公式2.10-2。

$$E_{\text{气相}} = \sum_{i=1}^n \left[10^{-6} \times \frac{P_V + 101.325}{101.325} \times \frac{273.15}{T} \times (V_V \times f_{\text{空置}}) \times C \right] \quad (\text{公式2.10-2})$$

式中：

$E_{\text{气相}}$ —统计期内开停工过程气相单元的VOCs产生量，千克；

P_V —泄压气体排入大气时容器的表压，千帕；

T —泄压气体排入大气时容器的温度，开氏度；

V_V —容器的体积，立方米；

$f_{\text{空置}}$ —容器的体积空置分数，除去填料、催化剂或塔盘等所占体积后剩余体积的百分数，在容器中不存在内构件时，取1；

C —泄压气体中VOCs的浓度，毫克/标立方米；

i —统计期内的开停工次数。

2.10.1.2 液相工艺设备泄压与吹扫排放

假设在容器中剩余的液体质量远大于气相空间污染物的量，则按公式2.10-3计算产生量。

$$E_{\text{液相}} = \sum_{i=1}^n [V_v \times (1 - V') \times f_1 \times d \times WF \times [f_2 \times (1 - E_{\text{eff}}) + (1 - f_2)]]_i \quad (\text{公式2.10-3})$$

式中：

$E_{\text{液相}}$ —统计期内开停工过程液相单元的VOCs产生量，千克；

V_v —容器的体积，立方米；

V' —容器内填料、催化剂或塔盘等所占体积分数，在容器中不存在内构件时，取0；

f_1 —容器吹扫前液体薄层或残留液体的体积分数，取值在0.1%至1%之间；

d —液体的密度，千克/立方米；

WF —容器内VOCs的质量分数；

f_2 —液体薄层或残留液体被吹扫至火炬或其它处理设施的质量分数；

E_{eff} —火炬或VOCs处理设施的效率，其中火炬效率可在2.9章节火炬排放中查找，处理设施的效率采用实测值；

i —统计期内的开停工次数。

2.11 冷却塔、循环水冷却系统释放

冷却水是热交换系统和冷凝器中载热介质，通过冷却塔冷却降温而循环使用。由于热交换系统等设备管路的泄漏，有机物通常由高压一侧于裂缝中泄漏至冷却循环水中，而产生VOCs。

冷却塔、循环水冷却系统的VOCs产生量计算方法主要包括

实测法、公式法和系数法。

2.11.1 实测法

实测法用于测量冷却水中沸点低于60摄氏度的易汽提组分的浓度。

$$E_{\text{冷却塔}} = \sum_{i=1}^n (C_i \times Q_i \times \rho_i \times t \times 10^{-6}) \quad (\text{公式2.11-1})$$

式中:

$E_{\text{冷却塔}}$ —统计期内冷却塔VOCs产生量, 千克;

C_i —可汽提VOCs在循环水中的浓度, 微克/克, 见公式2.11-2;

Q_i —统计期内冷却塔i的循环水流量, 立方米/小时;

ρ_i —循环水密度, 千克/立方米;

t_i —统计期内冷却塔i的年运行时间, 小时;

$$C_i = \frac{C_{\text{空气,VOCs}} \times MW_{\text{VOCs}} \times P \times b_{\text{汽提空气流量}}}{R \times (T + 273.15) \times \alpha_{\text{样品水流量}} \times \rho_{\text{冷却水}}} \quad (\text{公式2.11-2})$$

式中:

C_i —可汽提VOCs在循环水中的浓度, 微克/克;

$C_{\text{空气,VOCs}}$ —汽提气中VOCs的浓度, 微摩尔/摩尔;

$M_{\text{空气,VOCs}}$ —汽提气中VOCs的分子量, 克/摩尔;

P —汽提塔的压力, 帕;

$b_{\text{汽提空气流量}}$ —汽提塔的气体空气流量, 毫升/分钟;

R —气体常数, 82.057毫升·帕/摩尔·开氏度;

T—汽提塔温度，设施度；

$\alpha_{\text{样品水流量}}$ —汽提塔样品水流量，毫升/分钟；

$\rho_{\text{冷却水}}$ —样品循环水的密度，克/毫升。

2.11.2 公式法

$$E_{\text{冷却塔}} = \sum_{i=1}^n \left[Q_i \times (EVOCS_{\text{入口},i} - EVOCS_{\text{出口},i}) \times 10^{-3} \times t_i \right] \quad (\text{公式2.11-3})$$

式中：

$E_{\text{冷却塔}}$ —统计期内冷却塔VOCs产生量，千克；

Q_i —统计期内冷却塔i的循环水流量，立方米/小时；

t_i —统计期内冷却塔i的年运行时间，小时；

$EVOCS_{\text{入口},i}$ —冷却水暴露空气前逸散性挥发性有机物的浓度，毫克/升；

$EVOCS_{\text{出口},i}$ —冷却水暴露空气后逸散性挥发性有机物的浓度，毫克/升。

以上公式假定冷却水补水与蒸发损失、风吹损失相等且冷却塔进出流量不变。

EVOCS的监测方法可采用《水质 总有机碳的测定 燃烧氧化-非分散红外吸收法》(HJ 501-2009)，以可吹出有机碳(POC)代表EVOCS。

冷却水暴露空气后EVOCS浓度无法获取时，则认为冷却水中的EVOCS全部排放，即EVOCS出口浓度为零。

2.11.3 系数法

$$E_{\text{冷却塔}} = \sum_{i=1}^n (Q_i \times EF) \quad (\text{公式2.11-4})$$

式中：

$E_{\text{冷却塔}}$ —统计期内冷却塔的VOCs产生量，千克；

Q_i —统计期内冷却塔*i*的循环水量，立方米；

EF —产污系数，千克/立方米-循环水，取7.19E-04。

2.12 事故排放

工艺装置或污染控制装置发生事故或意外事故时产生的排放。事故产生的排放较正常工况会有明显升高。

事故排放主要考虑三种类型：容器超压排放、喷溅、控排放控制装置故障或产生某种情况导致VOCs不经过控制设施直接排放。其中容器超压排放气体一般会被送入火炬，在火炬排放计算单元计算，因此不单独计算容器超压排放。

$$E_{\text{事故}} = E_{\text{装置事故}} + E_{\text{容器超压}} + E_{\text{喷溅}} \quad (\text{公式2.12-1})$$

2.12.1 工艺装置事故

$$E_{\text{装置事故}} = e_{\text{事故},i} \times EM_i \times t \quad (\text{公式2.12-2})$$

式中：

$E_{\text{装置事故}}$ —事故状态或停机状态下的VOCs组分*i*的产生量，千克/事件；

$e_{\text{事故},i}$ —根据测量数据或现场的排放测试数据得出的控制状态下的VOCs组份*i*的排放速率，千克/小时；

EM_i —事故乘数，见表2.12-1；

t —事故持续时间，小时/事件。

表 2.12-1 工艺装置的效率及事故乘数

污染源/工艺装置描述	污染物种类	工艺装置效率	受控排放的乘数
催化裂化或焦化/静电除尘	VOCs、有机 HAP	0	1
催化裂化或焦化/锅炉	VOCs、多数有机 HAP	98%	50

2.12.2 喷溅

喷溅出的液体蒸发分为闪蒸蒸发、热量蒸发和质量蒸发三种，其蒸发总量为这三种蒸发之和，采用以下公式法产生量计算。

(1) 闪蒸量估算

过热液体闪蒸量估算，见公式2.12-3。

$$Q_1 = \frac{F \times W_T}{t_1} \quad (\text{公式2.12-3})$$

式中：

Q_1 —闪蒸量，千克/秒；

W_T —液体泄漏总量，千克；

t_1 —闪蒸蒸发时间，秒；

F —蒸发的液体占液体总量的比例，按公式2.12-4计算：

$$F = C_p \frac{T_L - T_b}{H} \quad (\text{公式2.12-4})$$

式中：

C_p —液体的定压比热，焦耳/（千克·开氏度）；

T_L —泄漏前液体的温度，开氏度；

T_b —液体在常压下的沸点，开氏度；

H —液体的气化热，焦耳/千克。

(2) 热量蒸发估算

热量蒸发的蒸发速度 Q_2 按公式2.12-5计算：

$$Q_2 = \frac{\lambda S \times (T_o - T_b)}{H \sqrt{\pi \alpha t}} \quad (\text{公式2.12-5})$$

式中：

Q_2 —热量蒸发速度，千克/秒；

λ —表面热导系数，瓦/（米·开氏度）；

T_o —环境温度，开氏度；

T_b —沸点温度，开氏度；

S —液池面积，平方米；

H —液体气化热，焦耳/千克；

α —表面热扩散系数，平方米/秒，见表2.12-2；

t —蒸发时间，秒。

表 2.12-2 某些地面的热传递性质

地面情况	λ (瓦/米·开氏度)	α (平方米/秒)
水泥	1.1	1.29×10^{-7}
土地 (含水 8%)	0.9	4.3×10^{-7}
干涸土地	0.3	2.3×10^{-7}
湿地	0.6	3.3×10^{-7}
砂砾地	2.5	11.0×10^{-7}

(3) 质量蒸发估算

质量蒸发速度 Q_3 按公式2.12-6计算:

$$Q_3 = \alpha \times P \times M / (R \times T_0) \times u^{(2-n) \times (2+n)} \times r^{(4+n)/(2+n)} \quad (\text{公式2.12-6})$$

式中:

Q_3 —质量蒸发速度, 千克/秒;

α, n —大气稳定度系数, 见表2.12-3;

P —液体表面蒸汽压, 帕;

R —气体常数, 8.314焦耳/(摩尔·开氏度);

M —分子量, 克/摩尔;

T_0 —环境温度, 开氏度;

u —风速, 米/秒;

r —液池半径, 米。

有围堰时, 以围堰最大等效半径为液池半径; 无围堰时, 设定液体瞬间扩散到最小厚度时, 推算液池等效半径。

表 2.12-3 液池蒸发模式参数

稳定度条件	n	α
不稳定 (A, B)	0.2	3.846×10^{-3}
中性 (D)	0.25	4.685×10^{-3}
稳定 (E, F)	0.3	5.285×10^{-3}

(4) 液体蒸发总量计算:

液体蒸发总量按公式2.12-7计算;

$$E_{\text{喷溅}} = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + Q_3 t_3 \quad (\text{公式2.12-7})$$

式中:

$E_{\text{喷溅}}$ —喷溅液体蒸发总量，千克；

Q_1 —闪蒸蒸发液体量，千克；

Q_2 —热量蒸发速率，千克/秒；

Q_3 —质量蒸发速率，千克/秒；

t_1 —闪蒸蒸发时间，秒；

t_2 —热量蒸发时间，秒；

t_3 —从液体泄漏到液体全部处理完毕的时间，秒。

2.12.3 容器超压排放

容器超压排放气体通常送入火炬，不单独计算容器超压排放。

附录 A 存储物料理化参数

表 A 存储物料理化参数（部分）

油品名称	液体密度 (吨/立方米)	温度(°C)	真实蒸气压 (千帕)	15.6°C 时油气分子量 (克/摩尔)
轻质原油	0.86	37.8	65	50
重质原油	0.86	37.8	45	50
汽油	0.77	37.8	85	68
轻石脑油	0.72	37.8	100	80
重石脑油	0.72	37.8	40	80
航煤	0.78	37.8	30	140
柴油	0.84	37.8	7	140
烷基化油	0.7	37.8	80	68
抽余油	0.67	37.8	80	80
污油	0.77	37.8	85	68
热蜡油	0.88	100	0.67	190
热渣油	0.92	100	0.39	190

注：表中的真实蒸气压取值为理论计算的最大值

附录 B 单位换算表

表 B 美制转为国际单位制换算表

类别	单位换算
长度	1 米= 3.2808 英尺
体积	1 立方米= 264.1721 加仑
	1 立方米= 6.2898 桶
	1 立方米= 35.3147 立方英尺
质量	1 千克= 2.2046 磅
密度	1 千克/立方米= 0.008345 磅/加仑
	1 千克/立方米= 0.06242 磅/立方英尺
压力	1 千帕= 7.5006 毫米汞柱
	1 千帕= 0.145 磅/平方英寸 (绝压)
风速	1 米/秒=2.2369 英里/小时
边缘密封损失系数	1 千克-摩尔/ (米·年) = 0.6720 磅-摩尔/ (英尺·年)
油垢因子	1 立方米/1000 平方米= 0.5843 桶/1000 平方英尺
太阳辐射因子	1 瓦/ (平方米·天) = 0.00008 英热/ (平方英尺·天)
温度	1 兰氏度= -272.59 摄氏度
	1 开氏度= -272.15 摄氏度

附件 1

附件 2

广东省涂料油墨制造行业 VOCs 排放量

计算方法

(试行)

广东省生态环境厅

目 录

1. 适用范围	59
2. 计算方法	59
2.1 设备动静密封点泄漏	60
2.2 有机液体储存与调和挥发损失	64
2.3 废水集输、储存、处理处置过程逸散	81
2.4 工艺废气排放	82
2.5 实验室废气排放	85

广东省涂料油墨制造行业 VOCs 排放量计算方法 (试行)

1. 适用范围

本方法适用于广东省涂料、油墨及类似产品制造企业生产过程中 VOCs 排放量计算。

2. 计算方法

涂料油墨制造业的VOCs排放主要来自物料生产、运输和加工等过程。

涂料油墨制造业的主要VOCs污染源项包括：

- (1) 设备动静密封点泄漏；
- (2) 有机液体储存与调和挥发损失；
- (3) 废水集输、储存、处理处置过程逸散；
- (4) 工艺废气排放；
- (5) 实验室废气排放。

企业应根据自身生产实际，选择相应的污染源项进行VOCs排放量计算。

根据涂料油墨制造业的VOCs排放特点，采用源项归类解析法计算VOCs排放量，见公式2-1。

$$E_{\text{涂料油墨}} = \sum_{m=1}^N E_m \quad (\text{公式2-1})$$

式中:

$E_{\text{涂料油墨}}$ —统计期内全部排放源项的 VOCs 排放量之和, 千克;

E_m —统计期内排放源项 m 的 VOCs 的排放量, 千克。

N —污染源总数。

$$E_m = E_{\text{产生},m} - D_{\text{去除},m} \quad (\text{公式 2-2})$$

式中:

$E_{\text{产生},m}$ —统计期内排放源项 m 的 VOCs 产生量, 千克;

$D_{\text{去除},m}$ —统计期内排放源项 m 的污染控制设施的 VOCs 去除量, 千克。

$$D_{\text{去除},m} = \sum_{j=1}^n [(C_{\text{入口},j} \times Q_{\text{入口},j} - C_{\text{出口},j} \times Q_{\text{出口},j}) \times 10^{-6} \times t_j] \quad (\text{公式 2-3})$$

式中:

$Q_{\text{入口},j}$ —污染控制措施 j 入口气体流量, 立方米/小时;

$C_{\text{入口},j}$ —污染控制措施 j 入口实测 VOCs 浓度, 毫克/立方米;

$Q_{\text{出口},j}$ —污染控制措施 j 出口气体流量, 立方米/小时;

$C_{\text{出口},j}$ —污染控制措施 j 出口实测 VOCs 浓度, 毫克/立方米;

t_j —统计期内污染控制措施 j 的运行时间, 小时。

2.1 设备动静密封点泄漏

设备密封点泄漏是指各种工艺管线和设备密封点的密封失

效致使内部蕴含 VOCs 物料逸散至大气中的现象。工艺管线和设备动静密封点一般包括泵、搅拌器、压缩机、阀门、连接件、法兰、开口阀或开口管线、泄压设备、取样连接系统等。设备密封点泄漏的 VOCs 产生量计算公式如下：

$$E_{\text{设备}} = \sum_{i=1}^n \left(e_{\text{TOC},i} \times \frac{WF_{\text{VOC},i}}{WF_{\text{TOC},i}} \times t_i \right) \quad (\text{公式 2.1-1})$$

式中：

$E_{\text{设备}}$ —统计期内动静设备密封点的 VOCs 产生量，千克；

t_i —统计期内密封点 i 的运行时间，小时；

$e_{\text{TOCs},i}$ —密封点 i 的 TOCs 泄漏速率，千克/小时；

$WF_{\text{VOCs},i}$ —运行时间段内流经密封点 i 的物料中 VOCs 的平均质量分数；

$WF_{\text{TOC},i}$ —运行时间段内流经密封点 i 的物料中 TOC 的平均质量分数；

如未提供物料中 VOCs 的平均质量分数，则按 $\frac{WF_{\text{VOC},i}}{WF_{\text{TOC},i}} = 1$ 计。

2.1.1 泄漏速率

泄漏速率可采用相关方程法和系数法计算。

(1) 相关方程法

当密封点的净检测值小于1时，用默认零值泄漏速率作为该密封点泄漏速率；当净检测值大于50000 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ，用限定泄漏速

率作为该密封点泄漏速率。当净检测值在两者之间，采用相关方程计算该密封点的泄漏速率，详见表2.1-1。

$$e_{TOC} = \sum_{i=1}^n \begin{cases} e_{0,i} & (0 \leq SV < 1) \\ e_{p,i} & (SV \geq 50000) \\ e_{f,i} & (1 \leq SV < 50000) \end{cases} \quad (\text{公式 2.1-2})$$

式中：

e_{TOC} —密封点的 TOC 泄漏速率，千克/小时；

SV—修正后的净检测值， $\mu\text{mol/mol}$ ；

$e_{0,i}$ —密封点 i 的默认零值泄漏速率，千克/小时；

$e_{p,i}$ —密封点 i 的限定泄漏速率，千克/小时；

$e_{f,i}$ —密封点 i 的相关方程核算泄漏速率，千克/小时。

各类型密封点的泄漏速率按表 2.1-1 计算。

表 2.1-1 相关方程计算泄漏速率^a

密封点类型	默认零值泄漏速率 (千克/小时/排放源)	限定泄漏速率 (千克/小时/排放源)	相关方程 (千克/小时/排放源)
气体阀门	6.6E-07	0.11	$1.87E-06 \times SV^{0.873}$
液体阀门	4.9E-07	0.15	$6.41E-06 \times SV^{0.797}$
轻液体泵	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
重液体泵	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
压缩机	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
搅拌器	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
泄压设备	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
法兰或连接件	6.1E-07	0.22	$3.05E-06 \times SV^{0.885}$
开口阀或开口管线	2.0E-06	0.079	$2.20E-06 \times SV^{0.704}$
其他	4.0E-06	0.11	$1.36E-05 \times SV^{0.589}$

注：对于表中涉及的千克/小时/排放源=每个排放源每小时的 TOC 产生量（千克）。

a：数据摘自 EPA 报告。对于密闭式的采样点，如果采样瓶连在采样口，则使用“连接件”的泄漏系数；如采样瓶未与采样口连接，则使用“开口管线”的泄漏系数。

(2) 系数法

未开展泄漏检测的密封点，或不可达密封点，应采用表 2.1-3 系数，并按公式 2.1-3 计算泄漏速率。

$$e_{TOC} = \sum_{i=1}^n (FA_i \times WF_{TOC,i} \times N_i) \quad (\text{公式 2.1-3})$$

式中：

e_{TOC} —密封点的 TOC 泄漏速率，千克/小时；

FA_i —密封点 i 泄漏系数，见表 2.1-3；

$WF_{TOC,i}$ —流经密封点 i 的物料中 TOC 的平均质量分数；

N_i —密封点的个数。

表 2.1-3 平均泄漏系数^a (单位：千克/小时/排放源)

密封点类型	介质	泄漏系数 ^b
阀	气体	0.00597
	轻液体	0.00403
	重液体	0.00023
泵 ^c	轻液体	0.0199
	重液体	0.00862
压缩机	气体	0.228
泄压设备	气体	0.104
法兰、连接件	所有	0.00183
开口阀或开口管线	所有	0.0017
采样连接系统	所有	0.0150

注：对于表中涉及的千克/小时/排放源=每个排放源每小时的 TOC 产生量（千克）。对于开放式的采样点，采用系数法计算排放量。如果采样过程中排出的置换残液或气未经处理直接排入环境，按照“取样连接系统”和“开口管线”泄漏系数分别计算并加和；如果企业有收集处理设施收集管线冲洗的残液或气体，并且运行效果良好，可按“开口阀或开口管线”泄漏系数进行计算。

a: 数据摘自 EPA, 1995b 报告的数据；

b: 涂料油墨制造泄漏系数用于 TOC (包括甲烷) 泄漏速率；

c: 轻液体泵密封的系数可以用于估算搅拌器密封的泄漏速率。

2.1.2 运行时间

采用中点法确定该密封点的排放时间，即第 n 次检测值代表时间段的起始点为第 $n-1$ 次至第 n 次检测时间段的中点，终止点为第 n 次至第 $n+1$ 次检测时间段的中点。发生泄漏修复的情况下，修复复测的时间点为泄漏时间段的终止点。

2.2 有机液体储存与调和挥发损失

有机液体储存与调和通常采用储罐，常见的储罐类型有：固定顶罐（包括卧式罐和立式罐）与浮顶罐（包括内浮顶罐和外浮顶罐）。固定顶罐VOCs的产生主要来自于储存过程中蒸发静置损失（俗称小呼吸）和接受物料过程中产生的工作损失（俗称大呼吸）。浮顶罐VOCs的产生主要包括边缘密封损失、浮盘附件损失、浮盘盘缝损失和挂壁损失。其中边缘密封损失、浮盘附件损失、浮盘盘缝损失属于静置损失，挂壁损失属于工作损失。

2.2.1 公式法

公式法可应用于固定顶罐和浮顶罐。不适用于以下情况：所储物料组分不稳定或真实蒸汽压高于大气压、蒸气压未知或无法测量的；储罐浮盘设施失效的；其他不符合相关环保要求的。

公式法核算过程采用美制单位。完成核算后，可将排放量的美制单位（磅）转为国际单位制（千克）。

$$E_{\text{储罐}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{固},i} + \sum_{i=1}^m E_{\text{浮},i} \quad (\text{公式2.2-2})$$

式中：

$E_{\text{储罐}}$ —统计期内储罐的VOCs产生量，千克；

$E_{\text{固},i}$ —统计期内固定顶罐*i*的VOCs产生量，千克；

n —固定顶罐的数量，个；

$E_{\text{浮},i}$ —统计期内浮顶罐*i*的VOCs产生量，千克；

m —浮顶罐的数量，个。

储罐周转量指统计期内进入或流出储罐的物料量。当采用公式法计算工作损失时，储罐真实周转量按修正后的周转次数进行折算，见公式2.2-3。

$$Q_{\text{修正}} = Q \times \frac{\Delta H}{H_T} \quad (\text{公式2.2-3})$$

式中：

$Q_{\text{修正}}$ —修正后的周转量，立方米；

ΔH —平均液位高度变化，统计期内（第*n*+1次测量的平均液位高度）与（第*n*次测量的平均液位高度）所有差值为正值的液位高度变化的平均值（负值不计），米；

H_T —储罐设计最大液位高度，米。

2.2.2.1 固定顶罐总损失

$$E_{\text{固}} = E_s + E_w \quad (\text{公式2.2-4})$$

式中:

$E_{\text{固}}$ —统计期内固定浮顶罐总损失, 磅;

E_s —统计期内静置损失, 磅, 见公式2.2-5;

E_w —统计期内工作损失, 磅, 见公式2.2-30。

(1) 静置损失

$$E_s = 365V_v W_v K_E K_s \quad (\text{公式2.2-5})$$

式中:

E_s —统计期内静置损失(地下卧式罐的 E_s 取0), 磅;

V_v —气相空间容积, 立方英尺, 见公式2.2-6;

W_v —储藏气相密度, 磅/立方英尺, 见公式2.2-19;

K_E —气相空间膨胀因子, 无量纲量;

K_s —排放蒸气饱和因子, 无量纲量。

e) 气相空间容积 V_v 计算

立式罐气相空间容积 V_v , 通过公式2.2-6计算:

$$V_v = \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) H_{v0} \quad (\text{公式2.2-6})$$

式中:

V_v —气相空间容积, 立方英尺;

D —罐径, 英尺;

H_{v0} —气相空间高度, 英尺。

$$H_{v0} = H_s - H_L + H_{R0} \quad (\text{公式2.2-7})$$

式中:

H_{VO} —气相空间高度, 英尺;

H_S —罐体高度, 英尺;

H_L —液体高度, 英尺;

H_{RO} —罐顶计量高度, 英尺; (注: 罐顶容积折算为相等容积的罐体高度)。

锥顶罐罐顶折算高度:

$$H_{RO} = 1 / 3H_R \quad (\text{公式2.2-8})$$

式中:

H_R —罐顶高度, 英尺;

$$H_R = S_R R_S \quad (\text{公式2.2-9})$$

式中:

S_R —罐锥顶斜率, 英尺/英尺; 无数据时, 取0.0625;

R_S —罐壳半径, 英尺。

拱顶罐罐顶折算高度:

$$H_{RO} = H_R \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(\frac{H_R}{R_S} \right)^2 \right] \quad (\text{公式2.2-10})$$

式中:

R_S —罐壳半径, 英尺;

H_R —罐顶高度, 英尺;

$$H_R = R_R - \left(R_R^2 - R_S^2 \right)^{0.5} \quad (\text{公式2.2-11})$$

式中:

R_R —罐拱顶半径, 英尺; R_R 的值一般介于 $0.8D-1.2D$ 之间, 其中 $D=2R_s$; 如果 R_R 未知, 则用罐体直径代替;

R_s —罐壳半径, 英尺。

如果是卧式罐, 公式2.2-6中的罐径 D 则为有效罐径 D_E 。

$$D_E = \sqrt{\frac{LD}{0.785}} \quad (\text{公式2.2-12})$$

式中:

L —卧式罐(含封头)总长, 英尺;

D —卧式罐垂直剖面的直径, 英尺。

f) 气相空间膨胀因子 K_E 计算

$$K_E = 0.0018\Delta T_V = 0.0018[0.72(T_{AX} - T_{AN}) + 0.028\alpha I] \quad (\text{公式2.2-13})$$

式中:

K_E —气相空间膨胀因子, 无量纲量;

ΔT_V —日蒸气温度范围, 兰氏度;

T_{AX} —日最高环境温度, 兰氏度;

T_{AN} —日最低环境温度, 兰氏度;

α —罐漆太阳能吸收率, 无量纲量, 见表2.2-1;

I —太阳辐射强度, 英热/(平方英尺·天);

0.0018—常数, (兰氏度) $^{-1}$;

0.72—常数, 无量纲量;

0.028—常数，兰氏度·平方英尺·天/英热。

表 2.2-1 罐漆太阳能吸收率 (α)

罐漆颜色	喷漆色光	罐漆吸收率 (α)	
		罐漆状况	
		好	差
银白色	高光	0.39	0.49
银白色	散射	0.60	0.68
铝罐	光面、不涂漆	0.10	0.15
米黄/乳色	/	0.35	0.49
黑色	/	0.97	0.97
棕色	/	0.58	0.67
灰色	淡	0.54	0.63
灰色	中等	0.68	0.74
绿色	暗	0.89	0.91
红色	底漆	0.89	0.91
锈色	红色氧化铁	0.38	0.50
茶色	/	0.43	0.55
白色	不适用	0.17	0.34

g) 排放蒸汽饱和因子 K_s

$$K_s = \frac{1}{1 + 0.053 P_{VA} H_{VO}} \quad (\text{公式2.2-14})$$

式中:

K_s —排放蒸汽饱和因子，无量纲；

P_{VA} —日平均液面温度下的饱和蒸气压，磅/平方英寸(绝压)，
见公式2.2-19；

H_{VO} —蒸汽空间高度，英尺，见公式2.2-7；

0.053—常数，(磅/平方英寸(绝压)·英尺)⁻¹。

h) 蒸汽密度 W_v 计算

$$W_v = \frac{M_v P_{VA}}{RT_{LA}} \quad (\text{公式2.2-15})$$

式中:

W_v —蒸汽密度，磅/立方英尺；

M_v —蒸汽分子质量，磅/磅-摩尔；

R —理想气体状态常数，10.731磅/(磅-摩尔·英尺·兰氏度)；

P_{VA} —日平均液面温度下的蒸气压，磅/平方英寸(绝压)，见公式2.2-19；

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度，取年平均实际储存温度，如无该数据，用公式2.2-16计算。

日平均液体表面温度 T_{LA} 的计算方法如下:

$$T_{LA} = 0.44T_{AA} + 0.56T_B + 0.0079\alpha I \quad (\text{公式2.2-16})$$

$$T_{AA} = \left(\frac{T_{AX} + T_{AN}}{2} \right) \quad (\text{公式2.2-17})$$

$$T_B = T_{AA} + 6\alpha - 1 \quad (\text{公式2.2-18})$$

式中:

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度；

T_{AA} —日平均环境温度，兰氏度；

T_{AX} —计算月的日最高环境温度，兰氏度；

T_{AN} —计算月的日最低环境温度，兰氏度；

T_B —储液主体温度，兰氏度；

α —罐漆太阳能吸收率，无量纲，见表2.2-1；

I —太阳辐射强度，英热/（平方英尺·天）。

当 T_{LA} 值无法取得时，可用表2.2-2计算。

表 2.2-2 年平均储藏温度计算表

罐体颜色	年平均储藏温度, T_s (华氏度)
白	$T_{AA}+0$
铝	$T_{AA}+2.5$
灰	$T_{AA}+3.5$
黑	$T_{AA}+5.0$

注：此表格中 T_{AA} 为年平均环境温度（华氏度）。

日平均液面温度下的蒸气压 P_{VA} 的计算方法如下：

$$\lg P_{VA} = A - \left(\frac{B}{T_{LA} + C} \right) \quad (\text{公式2.2-19})$$

式中：

A、B、C—安托因常数；

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度；

P_{VA} —日平均液面温度下的蒸气压，毫米汞柱。

(2) 工作损失

工作损失与储料的装卸作业相关，固定罐的工作损失按公式2.2-20计算。

$$E_w = \frac{5.614}{RT_{LA}} M_V P_{VA} Q K_N K_P K_B \quad (\text{公式2.2-20})$$

式中：

E_w —统计期内工作损失，磅；

M_v —气相分子量，磅/磅-摩尔；

T_{LA} —日平均液体表面温度，兰氏度；

R —理想气气体状态常数，10.731磅/(磅-摩尔·英尺·兰氏度)；

P_{VA} —日平均液体表面温度下的蒸气压，磅/平方英寸(绝压)，

见公式 2.2-19；

Q —统计期内物料周转量，储罐真实周转量按修正后的周转次数进行折算，见公式 2.2-3；

K_p —工作损失产品因子，无量纲量， $K_p=1$ ；

K_N —工作损失周转（饱和）因子，无量纲量；

K_B —呼吸阀工作校正因子。

当周转数 > 36 ， $K_N = (180+N) / 6N$ ；

当周转数 ≤ 36 ， $K_N=1$ ；

N 为年周转数量，无量纲；

$$N = \frac{5.614Q}{V_{LX}} \quad (\text{公式2.2-21})$$

式中：

V_{LX} —储罐的最大液体容量，立方英尺。

呼吸阀工作时的校正因子， K_B 可用公式2.2-22和公式2.2-23计算：

当

$$K_N \left[\frac{P_{BP} + P_A}{P_I + P_A} \right] > 1 \quad (\text{公式2.2-22})$$

时

$$K_B = \left[\frac{\frac{P_I + P_A}{K_N} - P_{VA}}{P_{BP} + P_A - P_{VA}} \right] \quad (\text{公式2.2-23})$$

式中:

K_B —呼吸阀校正因子, 无量纲量;

P_I —正常工况条件下气相空间压力, 磅/平方英寸(表压);
 P_I 是一个实际压力(表压), 如果处在大气压下(不是真空或处在稳定压力下), P_I 为0;

P_A —大气压, 磅/平方英寸(绝压);

K_N —工作排放周转(饱和)因子, 无量纲量;

P_{VA} —日平均液面温度下的蒸气压, 磅/平方英寸(绝压),
 见公式2.2-23;

P_{BP} —吸阀压力设定, 磅/平方英寸(表压)。

2.2.2.2浮顶罐总损失

浮顶罐的总损失是边缘密封、出料挂壁、浮盘附件和浮盘缝隙损失的总和, 计算式见公式2.2-24。但密闭的内浮顶罐或穹顶外浮顶罐(只通过压力/真空阀排气的储罐), 或边缘使用了密封材料封闭或浮盘附件已老化或被储料浸渍的情况不适用。

$$E_{\text{浮}} = E_R + E_{WD} + E_F + E_D \quad (\text{公式2.2-24})$$

式中:

$E_{\text{浮}}$ —统计期内浮顶罐总损失, 磅;

E_R —统计期内边缘密封损失, 磅;

E_{WD} —统计期内挂壁损失, 磅;

E_F —统计期内浮盘附件损失, 磅;

E_D —浮盘缝隙损失(只限螺栓连接式的浮盘或浮顶), 磅。

(1) 边缘密封损失 E_R 计算

$$E_R = (K_{Ra} + K_{Rb}V^n)DP^*M_VK_C \quad (\text{公式2.2-25})$$

式中:

E_R —统计期内边缘密封损失, 磅;

K_{Ra} —零风速边缘密封损失因子, 磅-摩尔/英尺·年, 见表2.2-3;

K_{Rb} —有风时边缘密封损失因子, 磅-摩尔/(迈ⁿ·英尺·年),

见表2.2-3;

v —罐区平均环境风速, 迈;

n —密封相关风速指数, 无量纲量, 见表2.2-3;

D —罐体直径, 英尺;

M_V —气相分子质量, 磅/磅-摩尔;

K_C —产品因子, 为1;

P^* —蒸气压函数, 无量纲量。

$$P^* = \frac{\frac{P_{VA}}{P_A}}{\left[1 + \left(1 - \frac{P_{VA}}{P_A}\right)^{0.5}\right]^2} \quad (\text{公式2.2-26})$$

式中:

P_{VA} —日平均液体表面蒸气压, 磅/平方英寸(绝压), 见公式2.2-19;

P_A —大气压, 磅/平方英寸(绝压)。

表 2.2-3 浮顶罐边缘密封损失因子

罐体类型	密封	K_{Ra} (磅-摩尔/英尺·年)	K_{Rb} 磅-摩尔/(迈 ⁿ ·英尺·年)	n
焊接	机械式鞋形密封			
	只有一级	5.8	0.3	2.1
	边缘靴板	1.6	0.3	1.6
	边缘刮板	0.6	0.4	1.0
	液体镶嵌式(接触液面, 无气相空间)			
	只有一级	1.6	0.3	1.5
	挡雨板	0.7	0.3	1.2
	边缘刮板	0.4	0.6	0.3
	气体镶嵌式(不接触液面, 有气相空间)			
	只有一级	6.7	0.2	3.0
	挡雨板	3.3	0.1	3.0
	边缘刮板	2.2	0.003	4.3
	铆接	机械式鞋形密封		
只有一级		10.8	0.4	2.0
边缘靴板		9.2	0.2	1.9
边缘刮板		1.1	0.3	1.5

注: 表中边缘密封损失因子 K_{Ra} 、 k_{Rb} 、n只适用于风速6.8米/秒以下。

(2) 挂壁损失 E_{WD} 计算

$$E_{WD} = \frac{0.943QC_sW_L}{D} \left(1 + \frac{N_C F_C}{D} \right) \quad (\text{公式 2.2-27})$$

式中:

E_{WD} —统计期内挂壁损失, 磅;

Q —统计期内周转量, 储罐真实周转量按修正后的周转次数进行折算, 见公式 2.2-3;

C_s —储罐罐壁油垢因子, 见表 2.2-4;

W_L —有机液体密度, 磅/加仑;

D —罐体直径, 英尺;

0.943—常数, 1000 立方英尺·加仑/桶²;

N_C —固定顶支撑柱数量 (对于自支撑固定浮顶或外浮顶罐:
 $N_C=0$), 无量纲量;

F_C —有效柱直径, 英尺, 取值 1。

表 2.2-4 储罐罐壁油垢因子

介质	罐壁状况 (桶/1000 平方英尺)		
	轻锈	中锈	重锈
有机液体	0.0015	0.0075	0.15

注: 储罐内壁平均3年以上 (包括3年) 除锈一次, 为重锈; 平均两年除锈一次, 为中锈; 平均每年除锈一次, 为轻锈。

(3) 浮盘附件损失 E_F 计算

$$E_F = F_F P^* M_V K_C \quad (\text{公式 2.2-28})$$

式中:

E_F —统计期内浮盘附件损失, 磅/年;

F_F —总浮盘附件损失因子，磅-摩尔/年。

$$F_F = \left[(N_{F1}K_{F1}) + (N_{F2}K_{F2}) + \dots + (N_{Fn}K_{Fn}) \right] \quad (\text{公式 2.2-29})$$

式中：

N_{Fi} — i 类浮盘附件数，无量纲量；

K_{Fi} — i 类附件损失因子，磅-摩尔/年，见公式 2.2-30；

N_{fn} —某类的附件总数，无量纲量；

P^* ， MV ， KC 的定义见公式 2.2-32。

F_F 的值可由罐体实际参数中附件种类数 (N_F) 乘以每一种附件的损失因子 (K_F) 计算。

对于浮盘附件， K_{Fi} 可由公式 2.2-30 计算；

$$K_{Fi} = K_{Fai} + K_{Fbi} (K_v V)^{m_i} \quad (\text{公式 2.2-30})$$

式中：

K_{Fi} —浮盘附件损失因子，磅-摩尔/年；

K_{Fai} —无风情况下浮盘附件损失因子，磅-摩尔/年，见表 2.2-5；

K_{Fbi} —有风情况下浮盘附件损失因子，磅-摩尔/(迈^m·年)，见表 2.2-5；

m_i — i 类浮盘损失因子，无量纲量，见表 2.2-5；

K_v —附件风速修正因子，无量纲量 (外浮顶罐， $K_v=0.7$ ；内浮顶罐和穹顶外浮顶罐， $K_v=0$)；

v —平均气压平均风速，迈。

表 2.2-5 浮顶罐浮盘附件损失系数表

附件	状态	K_{Fai} (磅·摩尔/年)	K_{Fbi} (磅·摩尔/ (迈 ⁿ ·年))	m
人孔	螺栓固定盖子, 有密封件	1.6	0	0
	无螺栓固定盖子, 无密封件	36	5.9	1.2
	无螺栓固定盖子, 有密封件	31	5.2	1.3
计量井	螺栓固定盖子, 有密封件	2.8	0	0
	无螺栓固定盖子, 无密封件	14	5.4	1.1
	无螺栓固定盖子, 有密封件	4.3	17	0.38
支柱井	内嵌式柱形滑盖, 有密封件	33	/	/
	内嵌式柱形滑盖, 无密封件	51	/	/
	管柱式滑盖, 有密封件	25	/	/
	管柱式挠性纤维衬套密封	10	/	/
取样管/井	有槽管式滑盖/重加权, 有密封件	0.47	0.02	0.97
	有槽管式滑盖/重加权, 无密封件	2.3	0	0
	切膜纤维密封 (开度 10%)	12	/	/
有槽导杆 和取样井	无密封件滑盖 (不带浮球)	43	270	1.4
	有密封件滑盖 (不带浮球)			
	无密封件滑盖 (带浮球)	31	36	2.0
	有密封件滑盖 (带浮球)			
	有密封件滑盖 (带导杆凸轮)	41	48	1.4
	有密封件滑盖 (带导杆衬套)	11	46	1.4
	有密封件滑盖 (带导杆衬套及凸轮)	8.3	4.4	1.6
	有密封件滑盖 (带浮球和导杆凸轮)	21	7.9	1.8
有密封件滑盖 (带浮球、衬套和凸轮)	11	9.9	0.89	
无槽导杆 和取样井	无衬垫滑盖	13	150	1.4
	无衬垫滑盖带导杆	25	2.2	2.1
	衬套衬垫带滑盖	25	13	2.2
	有衬垫滑盖带凸轮	14	3.7	0.78
	有衬垫滑盖带衬套	8.6	12	0.81
呼吸阀	附重加权, 未加密封件	7.8	0.01	4.0
	附重加权, 加密封件	6.2	1.2	0.94
浮盘支柱	可调式 (浮筒区域) 有密封件	1.3	0.08	0.65
	可调式 (浮筒区域) 无密封件	2.0	0.37	0.91
	可调式 (中心区域) 有密封件	0.53	0.11	0.13
	可调式 (中心区域) 无密封件	0.82	0.53	0.14

附件	状态	K_{Fai} (磅-摩尔/年)	K_{Fbi} (磅-摩尔/ (迈 ⁿ ·年))	m
	可调式, 双层浮顶	0.82	0.53	0.14
	可调式(浮筒区域), 衬垫	1.2	0.14	0.65
	可调式(中心区域), 衬垫	0.49	0.16	0.14
	固定式	0	0	0
边缘通气 阀	配重机械驱动机构, 有密封件	0.71	0.1	1.0
	配重机械驱动机构, 无密封件	0.68	1.8	1.0
楼梯井	滑盖, 有密封件	98	/	/
	滑盖, 无密封件	56	/	/
浮盘排水	/	1.2	/	/

注: 表中浮盘附件密封损失因子 K_{Fai} 、 K_{Fbi} 、 n 只适用于风速 6.8 米/秒以下。

(4) 浮盘缝隙损失 E_D 计算

螺栓固定的浮盘存在盘缝损失, 由公式 2.2-31 计算:

$$E_D = K_D S_D D^2 P^* M_V K_C \quad (\text{公式 2.2-31})$$

式中:

K_D —盘缝损耗单位缝长因子, 焊接式浮盘, 螺栓式浮盘为 0.14 磅-摩尔/(英尺·年);

S_D —盘缝长度因子, 英尺/平方英尺, 为浮盘缝隙长度与浮盘面积的比值; 无数据时, 见表 2.2-6;

D , P^* , M_V 和 K_C 的定义见公式 2.2-25。

表 2.2-6 浮顶罐浮盘缝隙长度因子

序号	浮盘构造	盘缝长度因子
1	浮筒式浮盘	4.8
2	双层板式浮盘	0.8

注: 表中的浮盘缝隙长度因子只适用于螺栓连接时浮盘, 焊接式浮盘没有盘缝损耗;

表中的双层板式浮盘系数是根据典型 5000m³ 内浮顶储罐的相关实测值和构造参数计算得出; 浮筒式浮盘的盘缝损耗约是双层板式的 6 倍。

2.2.2 系数法

在公式法使用条件无法满足时，采用系数法计算储罐的VOCs产生量，见公式2.2-32。

$$E_{\text{储罐}} = EF \times Q \quad (\text{公式2.2-32})$$

式中：

$E_{\text{储罐}}$ —统计期内储罐的VOCs产生量，千克；

EF —产污系数（单位体积周转物料的物料挥发损失），见表2.2-7，千克/立方米；

Q —统计期内物料周转量，立方米。

表 2.2-7 储罐 VOCs 产污系数

存储物料	产污系数	存储物料	产污系数	存储物料	产污系数
正戊烷	1.366	丁醇	0.12	乙醇胺	0.491
异戊烷	8.809	二级丁醇	0.278	乙烷胺	1.151
己烷	0.539	三级丁醇	0.522	丙酮	0.551
环己烷	0.416	环己醇	0.075	丁酮	0.395
庚烷	0.851	乙醇	0.427	甲基异丁酮	0.277
正癸烷	0.078	异丁醇	0.176	环己酮	0.228
正十二烷	0.495	异丙醇	0.558	庚酮	0.01
十五烷	0.102	甲醇	0.572	石油脑	0.739
1-戊烯	1.749	丙醇	0.252	炼油	0.739
戊二烯	1.006	二次乙基二醇	0.01	醋酸乙烯酯	1.45
环戊烯	0.934	二甘醇	0.359	正乙酸丙酯	0.14
十二烯	0.617	丙二醇	0.839	异丁酸异丁酯	0.04
异戊二烯	1.402	乙二醇	0.246	甲苯二异氰酸酯	0.101
苯	1.228	乙硫醇	1.222	丁醛	0.407
乙苯	0.271	氯醇	0.348	异丁醛	0.288
甲苯	0.499	酚	0.737	丙醛	0.707
间二甲苯	0.243	甲酚	0.615	醋酸酐	0.159
邻二甲苯	0.201	乙醚	1.426	氯仿	1.03

存储物料	产污系数	存储物料	产污系数	存储物料	产污系数
对二甲苯	0.256	甲基四丁醚	1.11	1,1,1-三氯乙烷	0.546
混合二甲苯	0.19	二次乙基二醇 单丁醚	0.01	四氯乙烯	0.7
异丙苯	0.187	乙二醇单丁醚	0.03	三氯乙烯	1.678
二异丙基苯	0.03	二次乙基二醇 单甲醚	0.01	丙烯晴	0.947
甲基苯乙烯	0.083	乙二醇单甲醚	0.031	硝基苯	0.055
苯乙烯	0.188	双-β-羟基-n- 丙醚	0.01	苯胺	0.044
氯苯	0.343	乙酸	0.209	丙烯乙脂	0.755
邻一二氯苯	0.089	丙烯酸	0.086	丙烯酸异丁酯	0.05
对一二氯苯	0.105	己二酸	0.036	醋酸异丙酯	1.091
苯甲氧	0.01	蚁酸	0.38	醋酸甲酯	2.301
四氯化碳	2.756	丙酸	0.083	丙烯酸甲酯	1.246
二溴乙烷	0.679	乙酸丁酯	0.328	甲基丙烯酸甲酯	0.539
二氯乙烷	1.318	丙烯酸丁酯	0.214	乙酸乙酯	1.294

注：数据摘自台湾《公私场所固定污染源申报空气污染防制费之挥发性有机物操作单元排放系数》

2.3 废水集输、储存、处理处置过程逸散

废水集输、储存、处理处置过程逸散VOCs产生量计算方法主要包括公式法和系数法。

2.3.1 公式法

$$E_{\text{废水}} = \sum_{i=1}^n \left[10^{-3} \times Q_i \times (E_{\text{VOCs}}^{\text{进水},i} - E_{\text{VOCs}}^{\text{出水},i}) \times t_i \right] \quad (\text{公式2.3-1})$$

式中：

$E_{\text{废水}}$ —统计期内废水的VOCs产生量，千克；

Q_i —废水收集或处理设施的废水流量，立方米/小时；

$EVOCS_{\text{进水}, i}$ —废水收集、处理设施*i*进水中的逸散性挥发性有机物浓度，毫克/升；

$EVOCS_{\text{出水}, i}$ —废水收集或处理设施*i*出水中的逸散性挥发性有机物浓度，毫克/升；

t_i —统计期内废气处理设施*i*的运行时间，小时。

EVOCS的监测方法可采用《水质 总有机碳的测定 燃烧氧化-非分散红外吸收法》(HJ 501-2009)，以可吹出有机碳(POC)代表EVOCS。

2.3.2 系数法

$$E_{\text{废水}} = \sum_{i=1}^n (EF \times Q_i \times t_i) \quad (\text{公式2.3-2})$$

式中：

$E_{\text{废水}}$ —统计期内废水的VOCs产生量，千克；

EF—废水收集/处理设施*i*的产污系数，千克/立方米，见表2.3-1；

Q_i —废水收集/处理设施*i*的废水处理量，立方米/小时；

t_i —统计期内废气处理设施*i*的运行时间，小时。

表 2.3-1 废水收集或处理设施 VOCs 产污系数

适用范围	单位排放强度 (千克/立方米)
废水处理厂-废水处理设施	0.005

2.4 工艺废气排放

涂料、油墨生产过程中的工艺废气来源于混合、研磨、分散、搅拌、罐装、溶剂清洗、溶剂再生等生产工序。

2.4.1 实测法

通过对工艺废气排气筒出口的气体流量和污染物浓度以及污染控制设施的治理效率进行实测，计算工艺废气VOCs的产生量，计算方法见公式2.4-1：

$$E_{\text{工艺}} = \sum_{i=1}^n (10^{-6} \times Q_i \times C_i \times t_i) \times \left[\frac{1}{\eta_{\text{捕}} \times (1 - \eta_{\text{去}})} \right] \quad (\text{公式2.4-1})$$

式中：

$E_{\text{工艺}}$ —工艺废气的VOCs产生量，千克/年；

Q_i —工艺废气污染控制设施*i*出口实测气体流量，立方米/小时；

C_i —工艺废气污染控制设施*i*出口实测VOCs平均浓度，毫克/立方米；

t_i —计算时段内该工艺废气污染控制设施的运行小时数，小时/年；

$\eta_{\text{捕}}$ —工艺废气污染控制设施*i*的捕集效率，参照表2.4-1选取；

$\eta_{\text{去}}$ —工艺废气污染控制设施*i*的VOCs去除效率，按公式2.4-2计算。

$$\eta_{\text{去}} = \frac{C_{\lambda\text{口},i} \times Q_{\lambda\text{口},i} - C_{\text{出口},i} \times Q_{\text{出口},i}}{C_{\lambda\text{口},i} \times Q_{\lambda\text{口},i}} \quad (\text{公式2.4-2})$$

式中：

$\eta_{去}$ —统计期内污染控制设施 i 的 VOCs 去除量，千克；

$C_{入口,i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的 VOCs 排放浓度，千克/立方米；

$Q_{入口,i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的气体流量，立方米/小时；

$C_{出口,i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的 VOCs 排放浓度，千克/立方米；

$Q_{出口,i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的气体流量，立方米/小时。

表 2.4-1 不同情况下污染治理设施的捕集效率

捕集措施	控制条件	捕集效率
全密闭式负压排放	VOCs 产生源设置在封闭空间内，所有开口处，包括人员或物料进出口处呈负压	95
负压排风	VOCs 产生源基本密闭作业（偶有部分敞开），且配置负压排风。	75
局部排风	VOCs 产生源处，配置局部排风罩。	40

2.4.2 系数法

在实测法和公式法使用条件均无法满足时，采用系数法计算 VOCs 排放量，此处产污系数为除设备动静密封点泄漏、有机液体储存与调和挥发损失和废水集输、储存、处理过程逸散之外，包含工艺废气排放和实验室废气排放二个源项 VOCs 产生量，见公式 2.4-3。

$$E_{\text{涂料油墨}} = \sum_{i=1}^n (EF_i \times Q_i) \quad (\text{公式2.4-3})$$

式中:

EF_i —物料*i*的产污系数, 千克/吨, 见表2.4-3;

Q_i —统计期内物料*i*的生产量, 吨。

表 2.4-3 涂料油墨制造过程 VOCs 产污系数

产品名称	产污系数
印刷油墨	60
涂(颜)料	15

注:数据摘自台湾《公私场所固定污染源申报空气污染防治费之挥发性有机物之行业制程排放系数》。

2.5 实验室废气排放

实验室废气排放过程中VOCs产生来源于VOCs使用。含VOCs物料包括但不限于: 主剂、固化剂、稀释剂、清洗剂、树脂、助剂等。

根据产品小样实验VOCs排放特点, 采用公式法计算VOCs产生量, 见公式2.5-1。

$$E_{\text{实验}} = E_{\text{物料}} - E_{\text{回收}} \quad (\text{公式 2.5-1})$$

式中:

$E_{\text{物料}}$ —统计期内使用物料中VOCs量之和, 千克;

$E_{\text{回收}}$ —统计期内各种VOCs溶剂与废弃物(含固体和液体)回收物中VOCs量之和, 千克。

$$E_{\text{物料}} = \sum_{i=1}^n (W_i \times WF_i) \quad (\text{公式2.5-2})$$

式中：

W_i —统计期内含有VOCs的物料*i*投用量，千克/年；以库存单据等凭证为计算依据；

WF_i —统计期内物料*i*的VOCs质量百分含量，%；以产品质检报告等为依据。

$$E_{\text{回收}} = \sum_{i=1}^n (W_j \times WF_j) \quad (\text{公式2.5-3})$$

式中：

W_j —统计期内含VOCs溶剂或废弃物*j*的回收量，千克，以企业委托的有资质危险废物处理单位出具发票等凭证为计算依据；

WF_j —统计期内含VOCs溶剂或废弃物*j*的VOCs质量百分含量，%，以企业委托的具有检测资质的第三方单位提供的分析报告作为依据。

附录 A 单位换算表

表 A 美制转为国际单位制换算表

类别	单位换算
长度	1 米= 3.2808 英尺
体积	1 立方米= 264.1721 加仑
	1 立方米= 6.2898 桶
	1 立方米= 35.3147 立方英尺
质量	1 千克= 2.2046 磅
密度	1 千克/立方米= 0.008345 磅/加仑
	1 千克/立方米= 0.06242 磅/立方英尺
压力	1 千帕= 7.5006 毫米汞柱
	1 千帕= 0.145 磅/平方英寸 (绝压)
风速	1 米/秒=2.2369 英里/小时
边缘密封损失系数	1 千克-摩尔/ (米·年) = 0.6720 磅-摩尔/ (英尺·年)
油垢因子	1 立方米/1000 平方米= 0.5843 桶/1000 平方英尺
太阳辐射因子	1 瓦/ (平方米·天) = 0.00008 英热/ (平方英尺·天)
温度	1 兰氏度=-272.59 摄氏度
	1 开氏度=-272.15 摄氏度

附件 3

广东省印刷行业 VOCs 排放量计算方法

(试行)

广东省生态环境厅

目 录

1. 适用范围	90
2. 计算方法	90
2.1 VOCs 投用量	90
2.2 VOCs 回收量	92
2.3 VOCs 去除量	92

广东省印刷行业 VOCs 排放量计算方法（试行）

1. 适用范围

本方法适用于广东省印刷行业（包括但不限于：书、报刊印刷，本册印制，包装装潢及其他印刷）生产过程中 VOCs 排放量计算。

2. 计算方法

印刷行业 VOCs 排放量计算采用全过程物料衡算法，VOCs 排放量为 VOCs 投用量与 VOCs 回收量和去除量之差，见公式 2-1。

$$E_{\text{印刷}} = E_{\text{投用}} - E_{\text{回收}} - E_{\text{去除}} \quad (\text{公式 2-1})$$

式中：

$E_{\text{印刷}}$ —统计期内印刷企业的 VOCs 排放量，千克；

$E_{\text{投用}}$ —统计期内使用物料中 VOCs 量之和，千克；

$E_{\text{回收}}$ —统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中不用于循环使用的 VOCs 量之和，千克；

$E_{\text{去除}}$ —统计期内污染控制措施 VOCs 去除量，千克。

2.1 VOCs 投用量

VOCs 投用量为统计期内企业使用的各种物料中 VOCs 量之

和，见公式 2.1-1。含 VOCs 的物料包括但不限于：油墨、胶黏剂、涂布液、润版液、洗车水、稀释剂等。

$$E_{\text{投用}} = \sum_{i=1}^n (W_i \times WF_i) \quad (\text{公式 2.1-1})$$

式中：

W_i —统计期内所有含 VOCs 物料 i 投用量，千克；

WF_i —统计期内物料 i 中 VOCs 质量百分含量，%。

含有 VOCs 物料的投用量以企业原辅材料购入凭证为核定依据。原辅材料中 VOCs 含量根据以下原则确定：

(1) 以产品质检报告中的 VOCs 含量作为核定依据，该质检报告必须由取得计量认证合格证书的检测机构或供应商实验室出具；

(2) 其他情况下，应按照表 2.1-1 取值。

表 2.1-1 印刷企业常用原辅材料 VOCs 含量参考值

原辅材料类别	印刷方式	VOCs 含量 (%)
油墨	塑料里印：白色	65
	塑料里印：白色以外的色墨	70
	塑料表印	60
	纸质凹版印刷	60
	柔版印刷	60
	丝网印刷	45
	金属印刷	45
	商业轮转印刷（冷固型）	5
	商业轮转印刷（热固型）	30
	单张纸印刷	5
溶剂型胶黏剂	/	75

原辅材料类别	印刷方式	VOCs 含量 (%)
涂布液	/	40
润版液	/	20
洗车水 (主要成分为汽油)	/	100
洗车水 (主要成分为异丙醇)		50
稀释剂	/	100

2.2 VOCs 回收量

VOCs 回收量为统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中 VOCs 量之和，计算公式如下：

$$E_{\text{回收}} = \sum_{i=1}^n (W_j \times WF_j) \quad (\text{公式 2.2-1})$$

式中：

$E_{\text{回收}}$ —统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中 VOCs 量之和，千克；

W_j —统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物 j 的回收量，千克，以企业委托的有资质危险废物处理单位出具发票等凭证为计算依据；

WF_j —统计期内各种 VOCs 溶剂和废弃物 j 中 VOCs 的含量，%，以企业委托的具有检测资质的第三方单位提供的分析报告作为依据。

2.3 VOCs 去除量

VOCs 去除量按 VOCs 污染控制设施的实测去除量计。

$$E_{\text{去除}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{去除}, i} \quad (\text{公式 2.3-1})$$

式中：

$E_{\text{去除}}$ —统计期内污染控制设施的 VOCs 去除总量，千克；

$E_{\text{去除}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 的 VOCs 去除量，千克。

$$E_{\text{去除}, i} = (C_{\text{入口}, i} \times Q_{\text{入口}, i} - C_{\text{出口}, i} \times Q_{\text{出口}, i}) \times t_i \quad (\text{公式 2.3-2})$$

式中：

$E_{\text{去除}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 的 VOCs 去除量，千克；

$C_{\text{入口}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的 VOCs 排放浓度，千克/立方米；

$Q_{\text{入口}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的气体流量，立方米/小时；

$C_{\text{出口}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的 VOCs 排放浓度，千克/立方米；

$Q_{\text{出口}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的气体流量，立方米/小时；

t_i —统计期内污染控制设施 i 的运行时间，小时。

附件 3

广东省制鞋行业 VOCs 排放量计算方法

(试行)

广东省生态环境厅

目 录

1. 适用范围	96
2. 计算方法	96
2.1 VOCs 投用量	96
2.2 VOCs 回收量	98
2.3 VOCs 去除量	98

广东省制鞋行业 VOCs 排放量计算方法（试行）

1. 适用范围

本方法适用于广东省涉及胶黏工序的制鞋行业生产过程中 VOCs 排放量计算，暂不适用于鞋底制造及压（注）塑成型工序。

2. 计算方法

制鞋行业 VOCs 排放量计算采用全过程物料衡算法，VOCs 排放量为 VOCs 投用量与 VOCs 回收量和去除量之差，见公式 2-1。

$$E_{\text{制鞋}} = E_{\text{投用}} - E_{\text{回收}} - E_{\text{去除}} \quad (\text{公式 2-1})$$

式中：

$E_{\text{制鞋}}$ —统计期内制鞋制造企业的 VOCs 排放量，千克；

$E_{\text{投用}}$ —统计期内使用物料中 VOCs 量之和，千克；

$E_{\text{回收}}$ —统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中不用于循环使用的 VOCs 量之和，千克；

$E_{\text{去除}}$ —统计期内污染控制措施 VOCs 去除量，千克。

2.1 VOCs 投用量

VOCs 投用量为统计期内企业使用的各种物料中 VOCs 量之和，见公式 2.1-1。含 VOCs 物料包括但不限于：胶粘剂、处理剂、

硬化剂、清洗剂、稀释剂等。

$$E_{\text{投用}} = \sum_{i=1}^n (W_i \times WF_i) \quad (\text{公式 2.1-1})$$

式中：

W_i —统计期内含有 VOCs 物料 i 投用量，千克；

WF_i —统计期内物料 i 中 VOCs 质量百分含量，%。

含有 VOCs 物料的投用量以企业原辅材料购入凭证为核定依据。原辅材料中 VOCs 含量根据以下原则确定：

(1) 以产品质检报告中的 VOCs 含量作为核定依据，该质检报告必须由取得计量认证合格证书的检测机构或供应商实验室出具；

(2) 其他情况下，应按照表 2.1-1 取值。

表 2.1-1 制鞋企业常用原辅材料 VOCs 含量参考值

原辅材料类别		VOCs 含量 (%)
胶黏剂	PU 胶 (即用状态下)	83
	水性胶 (即用状态下)	0.8
	黄胶	73
	粉胶	86.5
	生胶	87.5
	白胶	0
油性处理剂		100
水性处理剂		2
油性硬化剂		80
水性硬化剂		17
甲苯、快干、白电油、去渍油、清洁剂、天那水、稀释		100

原辅材料类别	VOCs 含量 (%)
剂	

2.2 VOCs 回收量

VOCs 回收量为统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中 VOCs 量之和，计算公式如下：

$$E_{\text{回收}} = \sum_{i=1}^n (W_j \times WF_j) \quad (\text{公式 2.2-1})$$

式中：

$E_{\text{回收}}$ —统计期内各种 VOCs 溶剂和废弃物回收物中 VOCs 量之和，千克；

W_j —统计期内各种 VOCs 溶剂和废弃物 j 的回收量，千克，以企业委托的有资质危险废物处理单位出具发票等凭证为计算依据；

WF_j —统计期内各种 VOCs 溶剂和废弃物 j 中 VOCs 的含量，%，以企业委托的具有检测资质的第三方单位提供的分析报告作为依据。

2.3 VOCs 去除量

VOCs 去除量按 VOCs 污染控制设施的实测去除量计。

$$E_{\text{去除}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{去除}, i} \quad (\text{公式 2.3-1})$$

式中：

$E_{\text{去除}}$ —统计期内污染控制设施的 VOCs 去除总量，千克；

$E_{\text{去除},i}$ —统计期内污染控制设施 i 的 VOCs 去除量，千克。

$$E_{\text{去除},i} = (C_{\text{入口},i} \times Q_{\text{入口},i} - C_{\text{出口},i} \times Q_{\text{出口},i}) \times t_i \quad (\text{公式 2.3-2})$$

式中：

$C_{\text{入口},i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的 VOCs 排放浓度，千克/立方米；

$Q_{\text{入口},i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的气体流量，立方米/小时；

$C_{\text{出口},i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的 VOCs 排放浓度，千克/立方米；

$Q_{\text{出口},i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的气体流量，立方米/小时；

t_i —统计期内污染控制设施 i 的运行时间，小时。

附件 5

广东省表面涂装行业 VOCs 排放量

计算方法

(试行)

广东省生态环境厅

目录

1. 适用范围	102
2. 计算方法	102
2.1 VOCs 投用量	102
2.2 VOCs 回收量	104
2.3 VOCs 去除量	105

广东省表面涂装行业 VOCs 排放量计算方法 (试行)

1. 适用范围

本方法适用于广东省家具制造、汽车制造、船舶制造、集装箱制造行业生产过程中 VOCs 排放量计算，其他表面涂装行业可参照执行。

2. 计算方法

表面涂装行业 VOCs 排放量计算采用全过程物料衡算法，VOCs 排放量为 VOCs 投用量与 VOCs 回收量和去除量之差，见公式 2-1。

$$E_{\text{表面涂装}} = E_{\text{投用}} - E_{\text{回收}} - E_{\text{去除}} \quad (\text{公式 2-1})$$

式中：

$E_{\text{表面涂装}}$ —统计期内表面涂装企业的 VOCs 排放量，千克；

$E_{\text{投用}}$ —统计期内使用物料中 VOCs 量之和，千克；

$E_{\text{回收}}$ —统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中不用于循环使用的 VOCs 量之和，千克；

$E_{\text{去除}}$ —统计期内污染控制措施 VOCs 去除量，千克。

2.1 VOCs 投用量

VOCs 投用量为统计期内企业使用的各种物料中 VOCs 量之和，见公式 2.1-1。含 VOCs 物料包括但不限于：涂料、油墨、胶粘剂、固化剂、稀释剂、清洗剂等。

$$E_{\text{投用}} = \sum_{i=1}^n (W_i \times WF_i) \quad (\text{公式 2.1-1})$$

式中：

W_i —统计期内含有 VOCs 物料 i 投用量，千克；

WF_i —统计期内物料 i 中 VOCs 质量百分含量，%。

含有 VOCs 物料的投用量以企业原辅材料购入凭证为核定依据。原辅材料中 VOCs 含量根据以下原则确定：

(1) 以产品质检报告中的 VOCs 含量作为核定依据，该质检报告必须由取得计量认证合格证书的检测机构或供应商实验室出具；

(2) 其他情况下，应按照表 2.1-1 取值。

表 2.1-1 表面涂装企业常用原辅材料 VOCs 含量参考值

行业名称	原辅材料名称	VOCs 含量
家具制造	不饱和聚酯涂料 (PE 漆)	66%
	聚氨酯涂料 (PU 漆)	50%
	硝基涂料 (NC 漆)	75%
	紫外光固化涂料 (UV 漆)	14%
	水性涂料	14%
	密封胶	1%
	白乳胶	5%
	固化剂	60%
	油墨	65%
	油性清洗剂、稀释剂、天那水	100%

行业名称	原辅材料名称	VOCs 含量
汽车制造	电泳底漆 (水性, 含乳液和色浆)	5%
	油性喷涂底漆	50%
	水性喷涂底漆	15%
	油性中涂漆 (含固化剂)	45%
	油性色漆 (含固化剂)	80%
	油性罩光漆 (含固化剂)	55%
	水性中涂漆	15%
	水性色漆	20%
	高固体分涂料	40%
	油性稀释剂、清洗剂	100%
	水性清洗剂	10%
	密封胶	6%
	空腔蜡	50%
	固化剂	25%
集装箱制造	底漆	25%
	油性中层漆/面漆	70%
	油性稀释剂、清洗剂	100%
	水性清洗剂	10%
船舶工业	油漆 (含固化剂)	40%
	溶剂型稀释剂、清洗剂	100%
其他表面涂装行业	油漆	70%
	固化剂	45%
	密封胶	5%
	溶剂型稀释剂、清洗剂	100%

2.2 VOCs 回收量

VOCs 回收量为统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中 VOCs 量之和, 计算公式如下:

$$E_{\text{回收}} = \sum_{i=1}^n (W_j \times WF_j) \quad (\text{公式 2.2-1})$$

式中:

$E_{\text{回收}}$ —统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物回收物中 VOCs 量之和，千克；

W_j —统计期内各种 VOCs 溶剂与废弃物 j 的回收量，千克，以企业委托的有资质危险废物处理单位出具发票等凭证为计算依据；

WF_j —统计期内各种 VOCs 溶剂和废弃物 j 中 VOCs 的含量，%，以企业委托的具有检测资质的第三方单位提供的分析报告作为依据。

2.3 VOCs 去除量

VOCs 去除量按 VOCs 污染控制设施的实测去除量计。

$$E_{\text{去除}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{去除}, i} \quad (\text{公式 2.3-1})$$

式中：

$E_{\text{去除}}$ —统计期内污染控制设施的 VOCs 去除总量，千克；

$E_{\text{去除}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 的 VOCs 去除量，千克。

$$E_{\text{去除}, i} = (C_{\text{入口}, i} \times Q_{\text{入口}, i} - C_{\text{出口}, i} \times Q_{\text{出口}, i}) \times t_i \quad (\text{公式 2.3-2})$$

式中：

$C_{\text{入口}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的 VOCs 排放浓度，千克/立方米；

$Q_{\text{入口}, i}$ —统计期内污染控制设施 i 入口的气体流量，立方米/小时；

$C_{\text{出口},i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的 VOCs 排放浓度, 千克/立方米;

$Q_{\text{出口},i}$ —统计期内污染控制设施 i 出口的的气体流量, 立方米/小时;

t_i —统计期内污染控制设施 i 的运行时间, 小时。