

附件1

广东省工业源挥发性有机物减排量核算方法（试行）

1. 范围

本方法规定了工业源挥发性有机物（VOCs）减排量计算方法的技术要求，适用于广东省除石油化工行业外其他工业源VOCs产生量、排放量、减排量的估算、核算和审定工作。广东省石油化工行业VOCs产生量、排放量、减排量的估算、核算和审定工作按照《广东省石油化工行业VOCs排放量计算方法（试行）》（见附件）执行。本方法印发实施后，《广东省生态环境厅关于印发重点行业挥发性有机物排放量计算方法的通知》（粤环函〔2019〕243号）同时废止。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本方法必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本方法；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本方法。

HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则

HJ 942 排污许可证申请与核发技术规范 总则

HJ 944 排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范 总则（试行）

粤环办函〔2020〕19号 广东省生态环境厅办公室关于印发挥发性有机物重点监管企业VOCs管控台账清单的通知

粤环办〔2021〕43号 广东省涉挥发性有机物（VOCs）重点行业治理指引

粤环办〔2021〕79号 关于开展涉挥发性有机物企业分级管理工作的通知

3. 一般原则

工业VOCs综合整治提升（包括源头替代、工程治理、生产工艺水平提升、清洁生产水平提升等，下同）减排量计算应符合规范性、统一性、科学性、合理性、有效性等原则。

（1）规范性：工业VOCs综合整治提升的VOCs减排量计算方法遵循排污许可制度相关技术要求；其中排放量计算方法符合“排污许可证申请与核发技术规范”要求；污染排放相关信息资料符合“排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范”要求；污染排放数据符合“排污单位自行监测技术指南”要求。

（2）统一性：工业VOCs综合整治提升的VOCs减排量计算方法与国家、本省颁布实施的工业VOCs排放量计算技术方法相衔接。

（3）科学性：工业企业可根据工业行业污染源类型，结合实际情况，选用合适的减排量核算方法。

（4）合理性：工业VOCs污染综合整治提升实施前与后的VOCs减排量统计周期分别记作基准期与减排期，二者排放量（或

削减量)之差为减排期内该工业VOCs污染治理项目的减排量。

(5)有效性:减排期与基准期的取值时间、生产负荷应等同,时间不少于3个连续日历月、有效作业时间累计不低于480小时、且包含不少于1个生产运营设施运营全过程周期;生产负荷不低于额定生产规模活动数据(以环评批复为准)或近三年生产平均活动数据的75%。

减排期与基准期的污染排放数据及相关信息资料取值方法和核算方法应等同且具可比性。

4. 工业源VOCs减排量计算方法

4.1 核算方法选择

(1)印刷、印染、家具制造、制鞋、汽车制造、摩托车制造、自行车制造、机械涂层、易拉罐生产/漆包线生产/汽车维修/工艺品表面涂层、干洗剂等溶剂使用源企业,适用于采用物料衡算法核算VOCs排放量。

(2)基础化学原料制造,涂料、油墨、颜料及类似产品制造,食品制造业,农副产业加工业,造纸及纸制品业,橡胶板、管、带的制造,再生橡胶制造,泡沫塑料制造,塑料人造革、合成革制造、人造板制造等工艺过程源企业,适用于采用排放系数法核算VOCs排放量。

(3)企业存在多种生产工艺时,核算方法选择原则参考上述描述。

4.2 基准期排放量

实施VOCs污染整治项目前，工业企业在广东省固定污染源VOCs监管系统(下简称“VOCs监管系统”)中记录的VOCs排放量，或者以工业企业在VOCs监管系统中填报的活动水平数据为基础核定的VOCs排放量。

4.3 减排期排放量

实施VOCs污染整治项目后，工业企业在广东省固定污染源VOCs监管系统(下简称“VOCs监管系统”)中记录的VOCs排放量，或者以工业企业在VOCs监管系统中填报的活动水平数据为基础核定的VOCs排放量。

4.4 实际减排量

工业源VOCs污染通过综合整治提升(包括源头替代、工程治理、生产工艺水平提升、清洁生产水平提升等)后较实施前的VOCs排放削减量，不包括减产实现的减排量。

4.5 物料衡算法

减排期内VOCs排放量采用公式(4.5-1)核算：

$$E_{\text{排放}} = E_{\text{投用}} - E_{\text{回收}} - E_{\text{去除}} \quad (\text{公式4.5-1})$$

式中： $E_{\text{排放}}$ —减排期内VOCs排放量，吨；

$E_{\text{投用}}$ —减排期内使用物料中VOCs量之和，吨；

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

$E_{\text{去除}}$ —减排期内污染控制措施VOCs去除量，吨。

(1) VOCs投用量 $E_{\text{投用}}$

VOCs投用量为减排期内企业使用的各种含VOCs物料中VOCs量之和，见公式4.5-2。含VOCs物料包括但不限于：涂料、稀释剂、固化剂、清洗剂、油墨、胶粘剂等。

$$E_{\text{投用}} = \sum_{i=1}^n (W_i \times WF_i) \quad (\text{公式4.5-2})$$

式中：

W_i —减排期内含VOCs物料*i*投用量，吨，活动水平以VOCs监管系统中填报数据为依据；

WF_i —减排期内含VOCs物料*i*的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；若无质检报告则参考物质安全说明表（Material Safety Data Sheet，MSDS）。

（2）VOCs回收量 $E_{\text{回收}}$

VOCs回收量为减排期内各种VOCs溶剂与废弃物回收物中VOCs量之和，仅统计不回用于生产的量，不包括通过有机废气治理设施实现的回收量。即统计通过外售或委托有资质单位处理等途径，以危废或有机溶剂等形式离开生产系统的VOCs量。计算公式如下：

$$E_{\text{回收}} = \sum_{i=1}^n (W_j \times WF_j) \quad (\text{公式4.5-3})$$

式中：

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

W_j —减排期内各种VOCs溶剂和废弃物j的回收量，吨，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 —减排期内各种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。

(3) VOCs去除量 $E_{\text{去除}}$

①监测法（优先选择）

VOCs去除量按VOCs污染控制设施的实测去除量计。

$$E_{\text{去除}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{去除}, i} \quad (\text{公式4.5-4})$$

式中：

$E_{\text{去除}}$ —减排期内污染控制设施的VOCs去除总量，吨；

$E_{\text{去除}, i}$ —减排期内污染控制设施i的VOCs去除量，吨。

$$E_{\text{去除}, i} = (C_{\text{入口}, i} \times Q_{\text{入口}, i} - C_{\text{出口}, i} \times Q_{\text{出口}, i}) \times t_i \times 10^{-9} \quad (\text{公式4.5-5})$$

式中：

$C_{\text{入口}, i}$ —减排期内污染控制设施i入口的VOCs排放浓度， mg/m^3 ；

$Q_{\text{入口}, i}$ —减排期内污染控制设施i入口的气体流量， m^3/h ；

$C_{\text{出口}, i}$ —减排期内污染控制设施i出口的VOCs排放浓度， mg/m^3 ；

$Q_{出口,i}$ —减排期内污染控制设施*i*出口的的气体流量， m^3/h ；

t_i —减排期内污染控制设施*i*的运行时间， h 。

废气处理装置进口、出口平均VOCs浓度按照企业在线监控数据、环保部门监督性监测数据、第三方监测数据或环保三同时验收监测数据中的数值进行取值，监测数据必须为减排期内的监测值。监测工况需接近统计年度的正常工况，处理装置的进出口VOCs浓度为各种VOCs污染指标（含VOCs特征因子、部分综合指标）浓度的加和。

企业VOCs在线监测系统的安装、联网在满足国家或省的VOCs在线监测系统规范或技术要求的情况下，优先采用在线监控数据，采用VOCs在线监测数据的核算期平均值作为VOCs排放量计算依据。

企业手工监测数据应由取得计量认证合格证书的检测机构出具，企业自送样品的委托分析结果不能作为计算依据，具体的监测点位、监测指标与监测频次、监测方法应按照《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）、已印发实施的各行业排污单位自行监测技术指南以及行业排放标准要求执行。核算周期内有多次手工监测时，可采用算数平均值作为排放量计算依据。采样监测时，企业收集废气至排气筒的所有生产线应处在正常稳定生产状态，可反映企业典型产能工况。

环保部门监督性监测数据作为抽查比对和弄虚作假行为判定执法的依据，监督性监测数据与企业手工监测数据比对数据偏离

超过20%的，该季度采用监督性监测数据计算VOCs排放量。

②核定法（无相应监测数据的情况下采用）

在无相应监测数据的情况下可采用核定法进行计算。

$$E_{\text{去除},i} = (E_{\text{投用},k} - E_{\text{回收},k}) \times \varepsilon_k \times \eta_i \quad (\text{公式4.5-6})$$

式中： $E_{\text{投用},k}$ —减排期内污染控制设施i对应的废气收集工段投用的各种物料中VOCs量之和，吨；

$E_{\text{回收},k}$ —减排期内污染控制设施i对应的废气收集工段各种VOCs溶剂与废弃物回收物中VOCs量之和，吨；不包括通过有机废气治理设施实现的回收量。

ε_k —减排期内废气收集工段的废气收集率，%。废气收集效率可参考下表4.5-1；

η_i —减排期内污染控制设施i的处理效率，%。废气治理效率可参考企业废气监测报告，亦可参考下表4.5-2。

计算去除量时应注意废气实际收集的工段，未收集或已收集但未处理的VOCs不计入本计算公式的“废气收集工段的VOCs产生量”项。

表4.5-1 废气收集集气效率参考值

废气收集类型	废气收集方式	情况说明	集气效率 (%)
全密封设备/空间	单层密闭负压	VOCs产生源设置在密闭车间、密闭设备（含反应釜）、密闭管道内，所有开口处，包括人员或物料进出口处呈负压	95
	单层密闭正压	VOCs产生源设置在密闭车间内，所有开口处，包括人员或物料进出口处呈正压，且无明显泄漏点	85
	双层密闭空间	内层空间密闭正压，外层空间密闭负压	99

废气收集类型	废气收集方式	情况说明	集气效率 (%)
	设备废气排口直连	设备有固定排放管(或口)直接与风管连接,设备整体密闭只留产品进出口,且进出口处有废气收集措施,收集系统运行时周边基本无VOCs散发。	95
包围型集气设备	污染物产生点(或生产设施)四周及上下有围挡设施,符合以下三种情况: 1、仅保留1个操作工位面; 2、仅保留物料进出通道,通道敞开面小于1个操作工位面。 3、通过软质垂帘四周围挡(偶有部分敞开)	敞开面控制风速不小于0.5m/s;	80
		敞开面控制风速在0.3~0.5m/s之间;	60
		敞开面控制风速小于0.3m/s	0
		敞开面控制风速不小于0.5m/s;	60
		敞开面控制风速在0.3~0.5m/s之间;	40
		敞开面控制风速小于0.3m/s	0
外部型集气设备	顶式集气罩、槽边抽风、侧式集气罩等	相应工位所有VOCs逸散点控制风速不小于0.5m/s	40
		相应工位所有VOCs逸散点控制风速在0.3~0.5m/s之间	20~40
		相应工位所有VOCs逸散点控制风速小于0.3m/s,或存在强对流干扰	0
无集气设施		1、无集气设施; 2、集气设施运行不正常	0
备注: 1、如果采用多种方式对同一工艺实施废气收集,则取值按最好的集气方式; 2、企业在确保安全生产的情况下,选择规范、适用的废气收集和治理措施。			

表4.5-2 废气收集集气效率参考值

处理工艺名称	净化效率	取值说明 ^a
直接燃烧法(TO)	85%	燃烧室起燃温度不低于700°C; 燃烧温度不低于760°C; 废气停留时间>1s; 含有酸碱废气时不适用
锅炉热力焚烧	85%	燃烧温度不低于760°C,且锅炉(如导热油、热电锅炉)运行时间与生产同步
直接催化燃烧法(CO)	85%	燃烧室起燃温度不低于300°C; 燃烧温度在300~400°C之间; 空速(系指单位时间内单位体积催化剂处理的废气体积流量,也称为空间速度)在10000h ⁻¹ ~40000h ⁻¹ 之间; 含有酸碱废气、卤素废气时不适用

处理工艺名称	净化效率	取值说明 ^a
蓄热式燃烧法 (RTO)	两室80%	燃烧温度不低于760℃；废气停留时间不低于1s；含有酸碱废气时不适用
	三室/多室90%	
蓄热式催化燃烧法 (RCO)	两室80%	燃烧室起燃温度不低于300℃；燃烧温度在300~400℃之间；空速(系指单位时间内单位体积催化剂处理的废气体积流量,也称为空间速度)在10000h ⁻¹ ~40000h ⁻¹ 之间；含有酸碱废气、卤素废气时不适用
	三室/多室90%	
活性炭吸附法	—	活性炭箱体应设计合理,废气相对湿度高于80%不适用；废气中颗粒物含量宜低于1mg/m ³ ；废气温度高于40℃不适用；颗粒炭过滤风速<0.5m/s；纤维状风速<0.15m/s；蜂窝状活性炭风速<1.2m/s。活性炭层装填厚度不低于300mm。建议直接将“活性炭年更换量×活性炭吸附比例”(颗粒炭取值10%,纤维状活性炭取值15%;蜂窝状活性炭取值20%)作为废气处理设施VOCs削减量,并进行复核。
吸附浓缩-催化燃烧法	80%	纤维状吸附剂气体流速不高于0.15m/s,颗粒吸附剂气体流速不高于0.5m/s,蜂窝吸附剂气体流速不高于1m/s,催化燃烧温度不低于300℃
吸附浓缩-冷凝回收法	—	已回用于生产或以“有机溶剂回收处理总量”的形式从VOCs排放量计算中予以扣除。
静电法(仅用于除油烟)	50%	前端设水喷淋等冷却装置(如是高温废气),清洗电极等关键组件每年不少于6次。
低温等离子法 ^b	10%	后端至少增加一级吸收装置,清洗电极组件每年不少于6次
光催化法(光氧化法) ^b	10%	后端至少增加一级吸收装置,灯管连续使用不超过4800h;光密度[系指灯管总功率(W)与风量比(m ³ /h)]不低于0.3;废气停留时间不低于8s;肉眼不能看到灯管表面具有明显粉尘覆盖
臭氧法	10%	后端至少增加一级吸收装置
喷淋法	10%	主要污染物需为水溶性,喷淋废水需提供转移或处置佐证
生物法	50%	适用于含氧烃或芳香烃类(如醇、醛、酮、醛、有机酸、苯系物、苯乙烯等),且停留时间不小于30s
	50%	适用于酚类,含氮、卤素类,烯烃类等其他VOCs;停留时间不小于30s

备注:

a. 符合取值要求可相应取值,部分符合取值要求则酌情取值,不符合取值要求则取值为0。

b. 除使用的原辅材料符合国家有关低VOCs含量产品规定的以外,末端治理采用光氧化、光催化、低温等离子法等低效技术或技术组合的,原则上不计算其减排量。

使用认定处理效率时，需注意以下几点：

1. 治理设施参数设计符合技术要求、定期维护保养、更换耗材，治理设施能正常运行可取中间值。

2. 当存在两种或两种以上治理设施联合治理时，综合治理效率可按照公式（4.5-7）计算。

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1) \times (1 - \eta_2) \cdots (1 - \eta_i) \quad (\text{公式4.5-7})$$

式中： η_i —污染控制设施*i*的治理效率。

3. 企业未安装污染控制设施或有污染控制设施但未能提供监测数据证明其去除量/去除率的，该污染控制设施的VOCs去除量/去除率按零计。

4.6 排放系数法

减排期VOCs排放量采用公式（4.6-1）核算：

$$E_{\text{排放}} = E_{\text{产生}} - E_{\text{去除}} \quad (\text{公式4.6-1})$$

式中： $E_{\text{排放}}$ —减排期内VOCs排放量，吨；

$E_{\text{产生}}$ —减排期内VOCs产生量，吨；

$E_{\text{去除}}$ —减排期内污染控制措施VOCs去除量，吨。

(1) VOCs产生量 $E_{\text{产生}}$

$$E_{\text{产生}} = \sum_i^n (m_i \times \mu) \times 10^{-3} \quad (\text{公式4.6-2})$$

式中： $E_{\text{产生}}$ —减排期内VOCs产生量，吨；

m_i' —含VOCs物料用量，吨，活动水平以VOCs监管系统中填报数据为依据；

μ —含VOCs物料排放系数，kg/t。物料的VOCs排放系数可参考国家、省已出台的相关文件或者其他地区同等效力文件。目前VOCs排放系数可参考《第二次全国污染源普查产排污核算系数手册（试用版）》，本地化VOCs排放系数库文件另行印发。

（2）VOCs去除量

VOCs去除量的计算方法同物料衡算法。优先采用监测法，无监测数据或监测数据不满足规范的情况下采用核定法。

5. 工业源VOCs减排量核算要求

5.1 现场核实要求

工业源企业VOCs减排量的现场核实由环保部门委托第三方机构或专家进行，具体要求如下：

1. 核实企业在VOCs监管系统中填报的数据资料的完整性和真实性；

2. 对照广东省VOCs重点监管企业管理手册等相关佐证，逐一审核是否落实各项治理措施，核实内容如下：

（1）源头控制

一是VOCs物料申报的齐全性，避免漏项；二是VOCs物料的使用量，对照企业物料台账；三是低VOCs原辅材料替代水平，核准含VOCs物料的VOCs含量。

（2）生产工艺

VOCs物料转移和输送、挥发性有机液体储罐、泄漏检测与修复、工艺过程及无组织排放管控、废水和循环水系统。

(3) 末端治理

VOCs密闭和捕集措施；设备、装置、材料、仪表等型号规格；末端治理设施工艺流程与运行状态；排放浓度水平及治理效率；监测监控水平；运行记录、维护保养制度和记录等。

(4) 日常监管

环保档案管理和VOCs台账管理。

5.2 现场核实说明

当专家或第三方机构核算的工业源企业VOCs排放量结果与VOCs监管系统不统一时，以专家或第三方机构核定的结果为准。企业应结合专家意见，如实修改VOCs监管系统填报数据。

附件：广东省石油化工行业VOCs排放量计算方法（试行）

删除[hbt: <sp>



附件

广东省石油化工有限公司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.....	1
2. 计算方法.....	1
2.1 设备动静密封点泄漏.....	3
2.2 有机液体储存与调和挥发损失.....	7
2.3 有机液体装载挥发损失.....	27
2.4 废水集输、储存、处理处置过程逸散.....	31
2.5 燃烧烟气排放.....	34
2.6 工艺有组织排放.....	35
2.7 工艺无组织排放.....	40
2.8 采样过程排放.....	40
2.9 火炬排放.....	41
2.10 非正常工况（含开停工及维修）排放.....	44
2.11 冷却塔、循环水冷却系统释放.....	46
2.12 事故排放.....	49
附录A 存储物料理化参数.....	54
附录B 单位换算表.....	55

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。

根据石油化工业 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。

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

式中:

$E_{\text{石油化工业}}$ —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;

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

$Q_{出口,j}$ —污染控制措施j出口气体流量, 立方米/小时;

$C_{出口,j}$ —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:

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

式中:

$E_{设备}$ —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;

$e_{TOCs,i}$ —密封点i的TOCs泄漏速率, 千克/小时;

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

$WF_{TOC,i}$ —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;

$WF_{甲烷,i}$ —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

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

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；

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

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；

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

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）：

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

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

$$K_s = \frac{1}{1 + 0.053 P_{VA} H_{V0}} \quad (\text{公式2.2-18})$$

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_{V0} —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:

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

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

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

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, TS (华氏度)
白	TAA+0
铝	TAA+2.5
灰	TAA+3.5
黑	TAA+5.0

注：此表格中 T_m 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, °F/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。

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

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;

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;

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	KRa (磅-摩尔/英尺·年)	KRb 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

罐体类型	密封	KRa (磅-摩尔/英尺·年)	KRb (磅-摩尔/ (迈n·英尺·年)	n
	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

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

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
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。

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

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；

$$K_{Fi} = K_{Fai} + K_{Fbi} (K_v v)^{m_i} \quad (\text{公式2.2-40})$$

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	/	/

附件	状态	KFai (磅-摩尔/年)	KFbi (磅-摩尔 / (迈n·年))	m
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
	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材料挥发损失），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
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

存储物料	产污系数	存储物料	产污系数	存储物料	产污系数
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
苯甲氯	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。

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

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

船舱情况	上次装载	已有排放因子LA (千克/立方米)
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
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;

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

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;

$E_{\text{VOCs}}_{\text{进水},i}$ —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;

$E_{VOCs_{出水, i}}$ —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

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

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

注：a：此处产污系数以总非甲烷有机物（TNMOC）代替VOCs；

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）

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

工艺名称a	产污系数(千克)	原料用量或产品产量	单位
烷化	0.003	产品产量	立方米
氢气制造	0.005	产品产量	立方米
触媒重组	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

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
乙二胺	0.2	烷基铅	0.501	醛酸树脂	2.878
乙醛	3.239	氟碳/氟氯碳化物	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（氯氧化法）	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	异二氯甲苯	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
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	氟甲烷	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

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
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%	
	B.出口流速 $< V_{\text{max}}$		
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。

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

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；

F_{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。

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

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。

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

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，摄氏度；

$\alpha_{\text{样品水流量}}$ —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}
干阔土地	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