

电子电路制造业挥发性有机物排放清单编制技术指南

1 范围

本文件内容包括开展大气挥发性有机物清单编制工作的主要技术方法、技术流程、工作内容、技术要求、质量管理等方面。

本文件适用于指导及规范各电子电路制造企业挥发性有机物排放清单的编制工作并确定各企业的挥发性有机物防控重点。

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文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）；

《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）；

《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822—2019）

《固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法》（HJ 732-2014）

《泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则》（HJ 733-2014）

《固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法》（HJ 734—2014）

《环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法》（HJ 644-2013）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 电子电路制造业 electronic Circuits Manufacturing Industry

电子电路制造行业（行业代码 3982）指在绝缘基材上采用印制工艺形成电气电子连接电路，以及附有无源与有源元件的制造，包括印刷电路板及附有元器件构成电子电路功能组合件。

3.2 挥发性有机物 volatile Organic Compounds, (VOCs)

指在标准状态下饱和蒸气压较高（标准状态下大于13.33Pa）、沸点较低、分子量小、常温状态下易挥发的有机化合物。本指南适用的挥发性有机物包括烷烃、烯烃、芳香烃、炔烃的C₂-C₁₂非甲烷碳氢化合物（Nonmethane hydrocarbons, NMHCs），醛、酮、醇、醚、酯、酚等C₁-C₁₀含氧有机物（Oxygenated Volatile Organic Compounds, OVOCs），卤代烃（Halogenated hydrocarbons），含氮有机化合物（Organic nitrates），含硫有机化合物（Organic sulfur）等几类152种化合物。

3.3 挥发性有机物污染源 pollution source of VOCs

向大气环境排放挥发性有机污染物的排放源统称为挥发性有机污染物污染源。

3.4 排放清单 emissions Inventory

指各种排放源在一定的时间跨度和空间区域内向大气中排放的大气污染物的量的集合。

3.5 设备密封点泄漏 Leakage of Equipment Sealing Point

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。

4 清单编制原则

4.1 科学规范原则

在确保大气挥发性有机物源排放清单编制工作的科学性与规范性的同时,应注重挥发性有机物污染来源的诊断,增强为污染防治决策服务的针对性和可操作性。

4.2 分类指导原则

在规范统一的技术体系下,结合城市工作基础和管理需求以及企业自身实际状况,选择适合的清单编制方法。工作基础较好、技术储备充足、对精细化管理需求高的城市宜采取准确性高实测法等的计算法编制源VOCs排放清单,工作基础较薄弱的城市可采用简化方法编制排放清单。各地要结合本地排放源特征、管理需求和工作基础,选择适宜的融合清单编制方法。鼓励有条件的地区选用更能精准量化排放特征的计算方法和本地化参数,提升清单的准确性和时空精度。

4.3 因地制宜与循序渐进原则

各地根据自身污染特征、基本条件和污染防治目标,结合社会发展水平与技术可行性,科学选择适合当地实际的源排放清单编制技术方法;随着源解析技术进步与环境信息资料的完备,不断完善和更新源清单结果。

5 清单编制流程

5.1 组织和筹划

落实企业内大气挥发性有机污染物排放清单报告工作负责人。组织相关人员参加培训,制定工作计划,编制企业排放年度监测计划,见附录A。

5.2 前期信息收集

收集本企业组织结构设置、运营管理、产能产量、能源消费等信息,可参考附录B收集排放单元和污染源信息,确定清单范围内的排放单元和相关核算数据的来源,为核算大气挥发性有机污染物提供依据。

5.3 数据核算

根据指南和企业的具体情况,收集相关的活动数据和支持性资料,计算和汇总大气挥发性有机污染物排放量。通过核算过程对监测数据的需求,进一步修改和完善企业大气挥发性有机污染物排放监测计划。

5.4 清单编制和内部审核

根据本指南中清单章节设置及编制要求,编制企业级挥发性有机物污染物排放源清单。成立内部审核小组,对企业挥发性有机物污染物排放核算结果进行审核,修改并完善排放源清单。

6 大气挥发性有机污染物排放清单编制的技术流程和方法

编制大气挥发性有机污染物排放清单时应当首先确定排放源的分类分级体系。电子电路制造业的大气挥发性有机污染物排放主要来自物料储存、转移和加工等过程。主要挥发性有机污染物污染源项包括

- a) 设备动静密封点泄漏;
- b) 有机液体储存与调和挥发损失;
- c) 废水集输、储存、处理处置过程逸散;
- d) 工艺废气排放;
- e) 溶剂再生挥发损失;
- f) 实验室废气排放。

其中，电子电路制造生产工艺包括清洗、机械加工、棕化/氧化、去膜（脱模）、喷锡、退锡、除油、蚀刻、印刷、贴膜/压膜/显影、表面处理、涂漆。

根据电子电路制造业的大气挥发性有机污染物排放特点，采用源项归类解析法计算大气挥发性有机污染物排放量。各企业编制大气挥发性有机污染物排放清单时，应首先对企业内的排放源进行初步摸底调查，明确排放源的主要构成。随后根据自身生产实际，选择相应的污染源项进行大气挥发性有机污染物排放量计算。

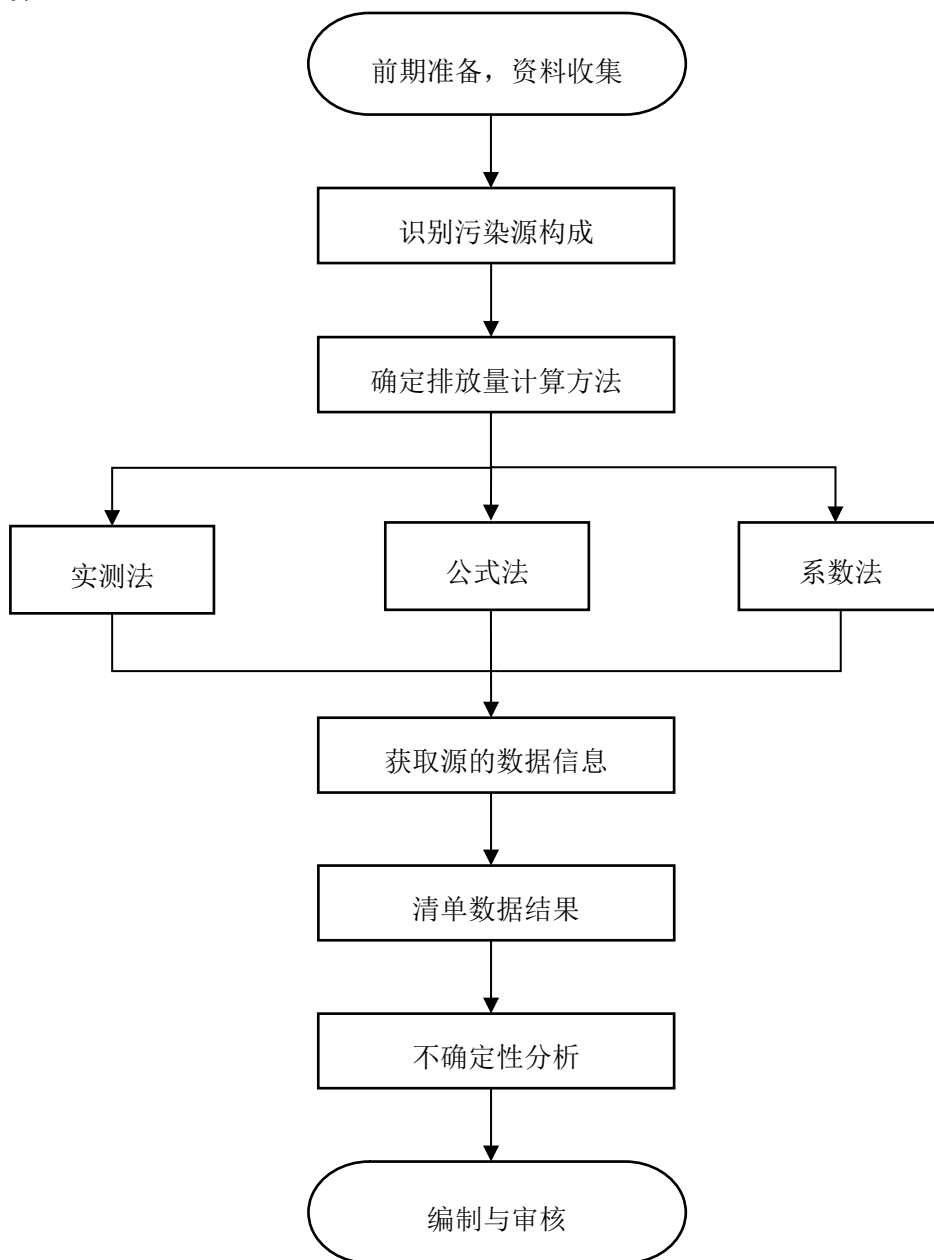


图1 清单编制流程

6.1 大气挥发性有机污染物排放总量计算方法

电子电路制造企业大气挥发性有机污染物源项归类解析法，排放总量计算方法见公式(1)：

$$E_{\text{电子电路}} = \sum_{m=1}^N E_m - \sum_{m=1}^N D_m \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E_{\text{电子电路}}$ ——为统计期内VOCs排放量，千克；

E_m ——为统计期内第m个源项VOCs的产生量，千克；

D_m ——为统计期内第m个源项污染控制设施VOCs的去除量，千克；

N ——为污染源总数。

各源项VOCs产生量为该源项每一种VOCs组份产生量的加和，见公式(2)：

$$E_m = \sum_{i=1}^n E_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

E_i ——为统计期内某个源项排放的VOCs组分i的产生量，见公式(3)：

$$E_i = \sum_{n=1}^M \left(E_{\text{排放源}n,i} \times \frac{WF_i}{WF_{\text{VOCs}}} \right) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E_i ——为统计期内含VOCs组份i的排放量，千克；

$E_{\text{排放源}n,i}$ ——为统计期内含VOCs组份i的第n个排放源的VOCs产生量，千克；

M ——为含VOCs组份i的污染源总数；

WF_i ——为流经或储存于污染源的物料中VOCs组份i的平均质量分数；

WF_{VOCs} ——为流经或储存于污染源的物料中VOCs的平均质量分数。

6.2 设备动静密封点泄漏

6.2.1 泄漏速率

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产生量见公式(4)：

$$E_{\text{设备}} = \sum_{i=1}^n \left(e_{\text{TOC},i} \times \frac{WF_{\text{voc},i}}{WF_{\text{TOC},i}} \times t_i \right) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

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

T_i ——为统计期内密封点i的运行时间，小时；

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

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

$WF_{\text{TOC},i}$ ——为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。

泄漏速率可采用多种方法进行计算，准确度从高到低排序为：实测法、相关方程法、筛选范围法、系数法，其中前三种方法是基于实测的计算方法，系数法不需要进行实测。

a) 实测法

采用布袋法和大体积采样法对密封点进行实测，所得泄漏速率最接近真实泄漏情况，企业可选用该方法对密封点泄漏速率进行检测。

b) 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，见公式(5)：

$$e_{\text{TOC}} = \sum_{i=1}^n \begin{cases} e_{0,i} & (0 \leq SV < 1) \\ e_{p,i} & (SV \geq 50000) \\ e_{f,i} & (1 \leq SV < 50000) \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

e_{TOC} ——为密封点的TOC泄漏速率，千克/小时；

SV——为修正后的净检测值， $\mu\text{mol/mol}$ ；

$e_{0,i}$ ——为密封点i的默认零值泄漏速率，千克/小时；

$e_{p,i}$ ——为密封点i的限定泄漏速率，千克/小时；

$e_{f,i}$ ——为密封点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见附录C表C.1。

c) 筛选范围法

筛选范围法用于核算装置不可达法兰或连接件的VOCs泄漏速率时，需至少检测50%该装置的可达法兰或连接件，并且至少包含1个净检测值大于等于10000 $\mu\text{mol/mol}$ 的点，以10000 $\mu\text{mol/mol}$ 为界，分析已检测法兰或连接件净检测值可能 $\geq 10000 \mu\text{mol/mol}$ 的数量比例，将该比例应用到同一装置的不可达法兰或连接件，且按比例计算的大于等于10000 $\mu\text{mol/mol}$ 的不可达点个数向上取整，可采用附录A中表A.2系数并按公式（6）计算泄漏速率。

$$e_{\text{TOC}} = \sum_{i=1}^n (FA_i \times WF_{\text{TOC},i} \times N_i) \dots\dots\dots$$

式中：

e_{TOC} ——为密封点的TOC泄漏速率，千克/小时；

FA_i ——为密封点i泄漏系数，见附录C表C.2；

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

N_i ——为密封点的个数。

d) 系数法

未进行测试的密封点，或不可达点（除符合筛选范围法适用范围的法兰和连接件外），应采用系数法进行计算，泄露速率表见附录C表C.3，并按公式（6）计算泄漏速率。

6.2.2 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。

6.3 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。

6.3.1 包袋法

采用包袋法和大体积采样法对固定顶罐进行实测，所得逸散速率最接近真实排放情况。

6.3.2 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）详细见附录D。

$$E_{\text{储罐}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{固},i} + \sum_{i=1}^m E_{\text{浮},i} \dots\dots\dots$$

式中:

- $E_{\text{储罐}}$ ——为统计期内储罐的VOCs产生量, 千克;
- $E_{\text{固},i}$ ——为统计期内固定顶罐*i*的VOCs产生量, 千克;
- N ——为固定顶罐的数量, 个;
- $E_{\text{浮},i}$ ——为统计期内浮顶罐*i*的VOCs产生量, 千克;
- M ——为浮顶罐的数量, 个。

公式法可应用于计算固定顶罐总损失和浮顶罐总损失, 固定罐与浮顶罐的VOCs产生量计算方法见附录E。

6.3.3 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(8)

$$E_{\text{存储}} = EF \times Q \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- $E_{\text{储罐}}$ ——为统计期内储罐的VOCs产生量, 千克;
- EF ——为产污系数(单位体积周转物料的物料挥发损失), 见附录E表E.7, 千克/立方米;
- Q ——为统计期内物料周转量, 立方米。

6.4 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VOCs产生量计算方法主要包括公式法和系数法。

6.4.1 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(9)。

$$E_{\text{废水}} = E_{\text{油相}} + E_{\text{水相}} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $E_{\text{废水}}$ ——为统计期内废水的VOCs产生量, 千克;
- $E_{\text{油相}}$ ——为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, 按固定顶罐的公式法计算, 见公式(10), 其中浮油真实蒸汽压需要实测, 如无实测, 按85千帕计算;
- $E_{\text{水相}}$ ——为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(10)计算;

$$E_{\text{油相/水相}} = \sum_{i=1}^n [10^{-3} \times Q_i \times (EVOC_{\text{进油/水},i} - EVOC_{\text{出油/水},i}) \times t_i] \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- $E_{\text{油相/水相}}$ ——为统计期内废水油相或水相的VOCs产生量, 千克;
- Q_i ——为废水收集或处理设施的废水流量, 立方米/小时;
- $EVOC_{\text{进油/水},i}$ ——为废水收集、处理设施*i*进油/水中的逸散性挥发性有机物浓度, 毫克/升;
- $EVOC_{\text{出油/水},i}$ ——为废水收集或处理设施*i*出油/水中的逸散性挥发性有机物浓度, 毫克/升;
- t_i ——为统计期内废气处理设施*i*的运行时间, 小时。

6.4.2 系数法

废水VOCs可采用如下排放系数法计算:

$$E_{\text{废水}} = \sum_{i=1}^n (EF \times Q_i \times t_i) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- $E_{\text{废水}}$ ——为统计期内废水的VOCs产生量, 千克;
- EF ——为废水收集/处理设施*i*的产污系数, 千克/立方米, 废水处理厂处理设施取0.005;
- Q_i ——为废水收集/处理设施*i*的废水处理量, 立方米/小时;
- t_i ——为统计期内废气处理设施*i*的运行时间, 小时。

6.5 工艺废气排放

电子电路生产过程中的工艺废气来源于电子清洗、感光成像、表面涂层等工序大量使用的有机溶剂的挥发。

6.5.1 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的排放量，计算方法见公式(12)：

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

式中：

- $E_{\text{工艺}}$ ——为工艺废气的VOCs产生量，千克/年；
- Q_i ——为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 ——为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；
- $Q_i \times C_i \times 10^{-6}$ ——为工艺废气污染控制设施*i*的VOCs实测排放速率平均值，千克/小时；
- t ——为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；
- $\eta_{\text{捕}}$ ——为工艺废气污染控制设施*i*的捕集效率，参照表F.1选取；
- $\eta_{\text{去}}$ ——为工艺废气污染控制设施*i*的VOCs去除效率，以实测数据或相关规定计。

6.5.2 公式法

生产工艺过程中，VOCs产生量也可使用公式法按各工艺环节进行计算。电子电路的主要生产工序有：电子清洗、感光成像、表面涂层等，生产工艺的排放量为工序排放量之和。各生产工序的VOCs产生量由加料损失、升温损失、表面蒸发损失、气体吹扫排放等组成，见公式(13)和表F.2，公式法仅适用于无捕集、排风设施情况下的工艺废气排放计算。

$$E_{\text{工艺}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{工序}} \dots\dots\dots$$

式中：

- $E_{\text{工艺}}$ ——为统计期内工艺废气的VOCs产生量，千克；
 - $E_{\text{工序}}$ ——为统计期内工艺废气各工序的VOCs产生量，千克。
- 详细计算方法见附录F.2

6.5.3 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、溶剂再生挥发损失和实验室废气排放三个源项VOCs产生量，见公式(14)。

$$E = \sum_{i=1}^n (EF_i \times Q_i) \dots\dots\dots$$

式中：

- EF_i ——为物料*i*的排放系数，见附录F表F.3；
- Q_i ——为统计期内物料*i*的生产量。

6.6 溶剂再生挥发损失

主要指对清洗等环节产生的废溶剂进行再生利用的过程。在电子电路制造生产中，废的清洗溶剂可以被纯化和再使用。

蒸馏是最常用的纯化溶剂的方法之一。间歇蒸馏的过程至少包括三个独立的操作单元：(a)投入废溶剂，(b)加热至接近溶剂沸点，(c)将蒸馏液收集到接收器中，其(a)和(c)操作按照公式(18)计算VOCs产生量，(b)按照公式(15)计算VOCs产生量。

$$E_{\text{溶剂}} = \frac{(P_x)_0}{P_{a1}} \times \Delta n \times M_x \dots\dots\dots$$

式中：

- $E_{\text{溶剂}}$ ——为统计期内溶剂再生环节的VOCs产生量；
- $(P_x)_0$ ——为VOCs中物质*x*在冷凝室出口温度下的分压（当只有一种化合物时，也指纯化合物的蒸汽压），帕（绝压）； Δn 为在容器初始温度下的摩尔数，摩尔；

M_x ——为物质x的摩尔质量，克/摩尔；

P_{a1} ——为空气在冷凝室出口温度下的分压，帕（绝压）。

在使用公式(15)时需满足以下条件：①当液体达到沸点时，设备顶部的所有气体被排出；②热蒸汽通过冷凝室离开蒸馏室；③冷凝室排出的气体是在同一温度下的饱和VOCs。

6.7 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(16)。

$$E_{\text{实验}} = E_{\text{物料}} - E_{\text{回收}} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

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

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

$$E_{\text{物料}} = \sum_{i=1}^n W_i \times WF_i \dots \dots \dots (1)$$

式中：

W_i ——为统计期内含有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 ——为统计期内物料i的VOCs质量百分含量，%，以产品质检报告等为依据。

$$E_{\text{回收}} = \sum_{j=1}^n W_j \times WF_j \dots \dots \dots (1)$$

式中：

W_j ——为统计期内溶剂或废弃物j的回收量，千克，以接受单位出具发票等凭证为计算依据；

WF_j ——为统计期内溶剂或废弃物j的VOCs质量百分含量，%；以接受单位出具的成分报告等资料为依据。

6.8 排放系数获取途径

本指南 VOCs 排放系数来源主要有两个方面：文献调研数据和估算数据。文献调研数据包括国内外科技文献、国外排放系数库、行业报告等来源数据，估算数据包括模型估算和物料衡算方法计算数据。根据排放系数来源可靠性及国内外差异性本研究制定排放系数的确定原则：

(1) 优先本土实测并验证可信的排放系数以及国家制定的排放标准限值；

(2) 无本土数据或排放标准限值的情况下参考国外参考文献或排放系数数据库数据，需要考虑与我国技术水平是否吻合，如不吻合，参考《工业污染源产排污系数手册》提供的我国相应部门工艺、规模等信息对其进行修正；

(3) 以上方法均不可采用的情况下应用模型估算或物料衡算法。

6.9 不确定性分析

6.9.1 概述

不确定性分析是一个完整挥发性有机物污染物排放源清单的基本组成之一。估算挥发性有机物污染物清单不确定性的流程包括：确定清单中单个变量的不确定性（如排放因子数据等的不确定性）；将单个变量的不确定性合并为清单的总不确定性；识别清单不确定性的主要来源，以帮助确定清单数据收集和清单质量改进的优先顺序。同时还要认识到统计方面也可能会存在不确定性，如漏算、重复计算、概念偏差及模型估算偏差等。

应将不确定分析视为一种帮助确定降低未来清单不确定性工作优先且可应用于不同类别的源排放顺序的方法。因此用来分析不确定性值得方法必须实用、科学和完善，并且可应用于不同类别的源排放。

6.9.2 不确定性产生的原因

很多原因会导致清单估算结果与真实值不同。一些不确定性原因（如取样误差或仪器准确性的局限性）可能产生界定明确的、容易描述特性的潜在不确定性范围。其他不确定性原因可能更难识别和量化。优良做法是在不确定性分析中尽可能解释所有不确定性原因，并且明确记录包括哪些不确定性原因。

清单编制企业应当特别注意的几大类不确定性原因，一是缺乏完整性：由于排放机理未被识别或者该排放测量方法还不存在，无法获得测量结果及其他相关数据；二是模型：模型是真实系统的简化，因而不很精确；三是缺乏数据：在现有条件下无法获得或者非常难于获得某排放所必须的数据。在这种情况下，常用的方法是使用类似类别的替代数据，以及使用内插法或外推法作为估算基础；四是数据缺乏代表性：例如已有的排放数据是在生产线满负荷运行时获得的，而缺少生产线启动和负荷变化时的数据；五是样品随机误差：如测量标准和推导资料的不精确等；六是错误报告或错误分类：由于排放源的定义不完整、不清晰或有错误；七是丢失数据：如低于检测限度的测量数值。

6.9.3 降低不确定性的方法

在编制挥发性有机物污染物排放源清单过程中，必须尽可能地降低不确定性，尤其要确保使用的模型和收集到的数据能够代表实际情况。在降低不确定性时，应该优先考虑对整个清单不确定性有重大影响的部分。确定降低不确定性优先顺序的工具包括关键类别分析和评估特定类别的不确定性对清单总不确定性的贡献。根据出现的不确定性原因，可从以下几个方面降低不确定性：一是改进模型：改进模型结构和参数，以更好地了解 and 描述系统性误差和随机误差，从而降低这些不确定性；二是提高数据的代表性：如使用连续排放监测系统来监测排放数据，可得到不同生产阶段的数据，从而可以更加准确地描述源的排放属性；三是使用更精确的测量方法：包括提高测量方法的准确度以及使用一些校准技术；四是大量收集测量数据：增加样本大小可以降低与随机取样误差相关的不确定性。填补数据漏缺可以减少偏差和随机误差，这对测量和调查均适用；五是消除已知的偏差：方法有确保仪器仪表准确地定位和校准，模型或其他估算过程准确且具有代表性，以及系统性地使用专家判断；六是提高清单编制人员的能力：包括增加对排放源类别和过程的了解，从而可以发现以及纠正不完整问题。

6.9.4 量化不确定性的方法

通常量化不确定性是通过估算统计学上的置信区间方式，将数据平均值以±百分比的区间来表示。计算步骤如下：第一，选择置信度：通常选择的置信度介于95.00-99.73（本文件建议使用95的置信度）；第二，确定t值。具体计算方法见附录G。

6.9.5 合并不确定性的方法

合并不确定性采用误差传递公式，一是加减运算的误差传递公式，二是乘除运算的误差传递公式。当某一估计值为n个估计值之和或差时，使用加减运算的误差传递公式。当某一估计值为n个估计值之积时，使用乘除运算的误差传递公式。

7 清单章节设置

企业挥发性有机物污染物排放源清单分为正文和附件两部分，其中报告正文包括企业概况、排放单元与排放源识别、排放量核算三部分内容。

7.1 企业概况

明确企业名称、成立时间、法人性质、组织机构设置（包括部门设置、分公司的数量和名称等）、分公司情况（需在附图中给出各公司地理位置图及厂区平面图）、经营范围、产品方案、工业总产值及增加值等企业基本情况，以及生产工艺、能源消费情况、企业概况与上一年的变化情况等信息。

7.2 排放单元与排放源识别

为进一步明确各企业大气挥发性有机污染物排放量范围，进行排放单元和排放源的识别。在清单范围内，按组织机构设置，厂房建筑分布或工艺流程，有顺序的确定排放单元和排放源，需绘制企业排放单元或排放源识别图（附录C）。当企业有多个分公司或多个厂区位置时，首先按分公司运营范围，再按分公司下属厂区位置进行排放单元划分。若公司下辖分公司数量众多，为方便后期VOCs排放量核算时引用，也可参照附录D对排放单元和排放源进行编码，并标记于排放单元和排放源识别图中。

7.3 排放量核算

核算流程：企业可按照下列步骤核算大气挥发性有机污染物排放量：

a) 确定计算公式：

企业根据源清单范围内不同大气挥发性有机污染物排放方式，选择相对性的核算公式计算排放量。若指南中未给出相应的计算公式，企业应及时向相关主管部门反馈信息，以便于指南的修订与完善；

b) 收集数据：

企业应根据计算公式所需的数据，进行活动数据、计算参数及排放因子等数据的收集与确定，并在报告中写明各数据的来源；

c) 计算与汇总排放量：

企业应分别核算有组织排放和无组织排放，企业大气挥发性有机污染物总量为有组织排放和无组织排放之和。若公司旗下有多个分公司，则需逐一核算各分公司的大气挥发性有机污染物排放量，企业应按照指南要求，编制核算排放量核算过程表和汇总表；

d) 其他应说明的情况：

包括企业排放量核算和报告过程中需要补充说明的情况，如大气挥发性有机污染物清除等，以及国家自愿减排项目备案情况等内容；

e) 监测计划执行情况：

企业应制定一套配合大气挥发性有机污染物排放量核算的监测计划，在每个报告期前提交至当地行政主管部门。报告期内企业按照监测计划内容，实施相关数据的监测工作，并在报告中写明监测计划执行情况，包括各数据项的监测方案执行情况，以及监测计划需要进一步修改和完善的内容。

f) 附件

报告附件应包括营业执照副本（复印件）、组织机构代码证副本（复印件）、工业企业能源购进、消费及库存表、工业企业能源购进、消费及库存附表、总公司和各分公司的地理位置图和总平面图、企业大气挥发性有机污染物排放监测计划等。其他相关资料如监测报告、能源审计报告等，企业可根据具体情况提交。

8 质量控制

8.1 概述

质量控制是一个常规技术活动，用于评估和保证挥发性有机物污染物清单质量，由清单编制企业组织人员执行。质量控制系统旨在：一是提供定期和一致检验来确保数据的内在一致性、正确性和完整性；二是确认和解决误差及疏漏问题；三是将清单材料归档并存档，记录所有质量控制活动。质量保证是一套规划好的评审规则系统，由未直接涉及清单编制过程的人员进行。在执行质量控制程序后，最好由独立的第三方对完成的清单进行评审。评审确认可测量目标已实现，确保清单代表在目前科学知识水平和数据获取情况下排放和清除的最佳估算；而且支持质量控制计划的有效性。质量保证/质量控制过程和不确定性分析彼此间提供了有价值的反馈信息。参加质量保证/质量控制和不确定性分析的人员可以确定，对不确定性水平和清单质量做出贡献的清单估算和数据来源的关键部分，这些应成为清单改进的工作重点。在提高估算使用的方法和数据来源中，以上信息是非常有用的。

8.2 质量控制程序

8.2.1 一般质量控制程序

一般质量控制程序包括适用于与计算、数据处理、完整性和归档相关的通用质量检查。附录中表G.2 挥发性有机物污染物清单编制一般质量控制程序列举了清单编制企业在编制清单时应定期使用的一般质量控制检查程序。不管使用了哪种类型的数据编制清单，都应该使用附录中表G.2中的检查。这些检查同样适用于基于推荐值或国家数据进行估算的类别。

8.2.2 特定类别质量控制程序

特定类别质量控制是一般清单质量控制程序的补充，是针对个别排放源类别方法中使用的特定类型的数据。这些程序要求了解特定类别、可用数据类型和排放或清除的相关参数，并且是表7.2-1所列一

般质量控制检查的额外执行。特定类别程序的应用要视具体情况而定，重点放在关键类别和方法学及数据有重大修正的类别。相关的质量控制程序取决于给定类别排放估算使用的方法。如果由外部机构制定估算，清单编制者可以在评审后参考外部机构的质量控制活动作为质量保证/质量控制计划的一部分。如果清单编制者认为，外部机构实施的质量控制活动符合质量保证/质量控制计划的要求，就不需要重复质量控制活动。

8.3 清单评审和审计

评审可以针对整个清单或优先考虑清单关键类别、方法或数据发生重大变化的类别部分，评审人应未参加清单编制且来自其他机构的独立专家、国内或国际专家，或与清单编制关系不紧密的群体，如无法找到独立于清单编制者以外的第三方评审人，企业内部未参加被评审部分的人员也可以实行质量保证。清单编制者在完成清单前对应予以专家评审，专家同行评审包括相关技术领域的专家对计算和假设进行评审，确保通过熟悉具体领域专业的专家所判断的清单结果、假设和方法都是合理的。该程序一般对与方法的结果相关的文档记录进行评审，但是通常不包括对数据或参考可能进行的严格认证。对于挥发性有机物污染物清单的专家同行评审，不存在标准方法，应该视情况而定。如果某类别的相关估算有高度的不确定性，专家同行评审有可能能够提供信息以改进估算，或者至少更好地量化不确定性。所有的专家同行评审应该具有良好的文档记录，在显示结果和改进建议的报告或检查表格中进行记录。

使用审计可以针对评估清单编制者运用质量控制程序中所列的最低质量控制规范进行编制的有效性，审计师要尽可能地独立于清单编制者，以便能够对估算过程和数据提供客观评估。在清单编制中、清单编制后或在上一份清单完成后可以进行审计，对原始数据收集、测量工作、抄录、计算和归档进行审计。

9 验证、归类、存档和报告

9.1 验证

验证活动包括：与其他企业编制的排放估算的比较，以及与完全独立评估（如大气浓度测量）推导的估算的比较。验证活动为企业级改进其清单提供信息，是质量保证/质量控制与验证总体系统的一部分。如果有明显差别可表明其中一个或两个数据库存在问题。如果不知道哪个数据库更好，需要重新评估清单。选择验证方法时需要考虑：数据的重要程度、验证成本、准确性和精度的期望水平、验证方法设计和实施的复杂性、数据可获得性以及实施要求的专业水平。如果使用了验证技术，就应反映在质量保证/质量控制程序中。与验证技术本身有关的局限性和不确定性在实施验证技术前必须经过充分调查，以正确对结果进行解释。

9.2 归档和存档

优良作法是对与清单活动的计划、编制过程和管理有关的所有信息成文和存档，主要包括：一是清单编制过程的责任、企业内部人员安排以及计划、编制和管理程序；二是选择活动水平数据和排放因子的假设和标准；三是使用的排放因子和其他估算参数；四是可以从活动水平数据追踪到排放源的活动水平数据或其他相关信息；五是与活动水平数据和排放因子相关的不确定性信息；六是选择编制方法的理由；七是使用的方法，包括那些用于估算不确定性和重新计算的方法；八是以前清单（重新计算）中数据输入或方法的变化；九是为不确定性估算提供专家判断的个人及其资格；十是用于清单编制的电子数据库或软件的详细信息，包括版本、操作手册、硬件要求和供其日后使用的任何其他信息。其他还包括类别估算、累积估算和任何以前估算的重新计算的工作表和临时计算；最终清单报告和以前年份的任何趋势分析；质量保证/质量控制计划和质量保证/质量控制程序的结果；对完整数据集的安全存档，包括清单编制中使用的共享数据库。优良作法是清单编制者保存每个清单编制的文档记录，并为评审提供文件。质量保证/质量控制程序的记录是清单估算可持续改进的重要信息。优良作法是在质量保证/质量控制活动记录中包括实施的检查/审计/评审、实施时间、实施人员以及质量保证/质量控制活动对清单的纠正和修改。

9.3 报告

清单编制者应该将重点放在以下活动：一是应该讨论参考质量保证/质量控制计划，其计划执行时间表以及执行的责任；二是描述企业内部实施的各种活动，以及对各个源类别和整个清单所进行的各种外部评审；三是给出关键结果，描述各个类别输入数据、方法、处理或估算质量相关的主要问题，并说明得到如何处理或者在未来计划如何处理；四是解释时间序列中的重要趋势。在该讨论中应该包括任何重新计算或减排计划可能带来的后果。

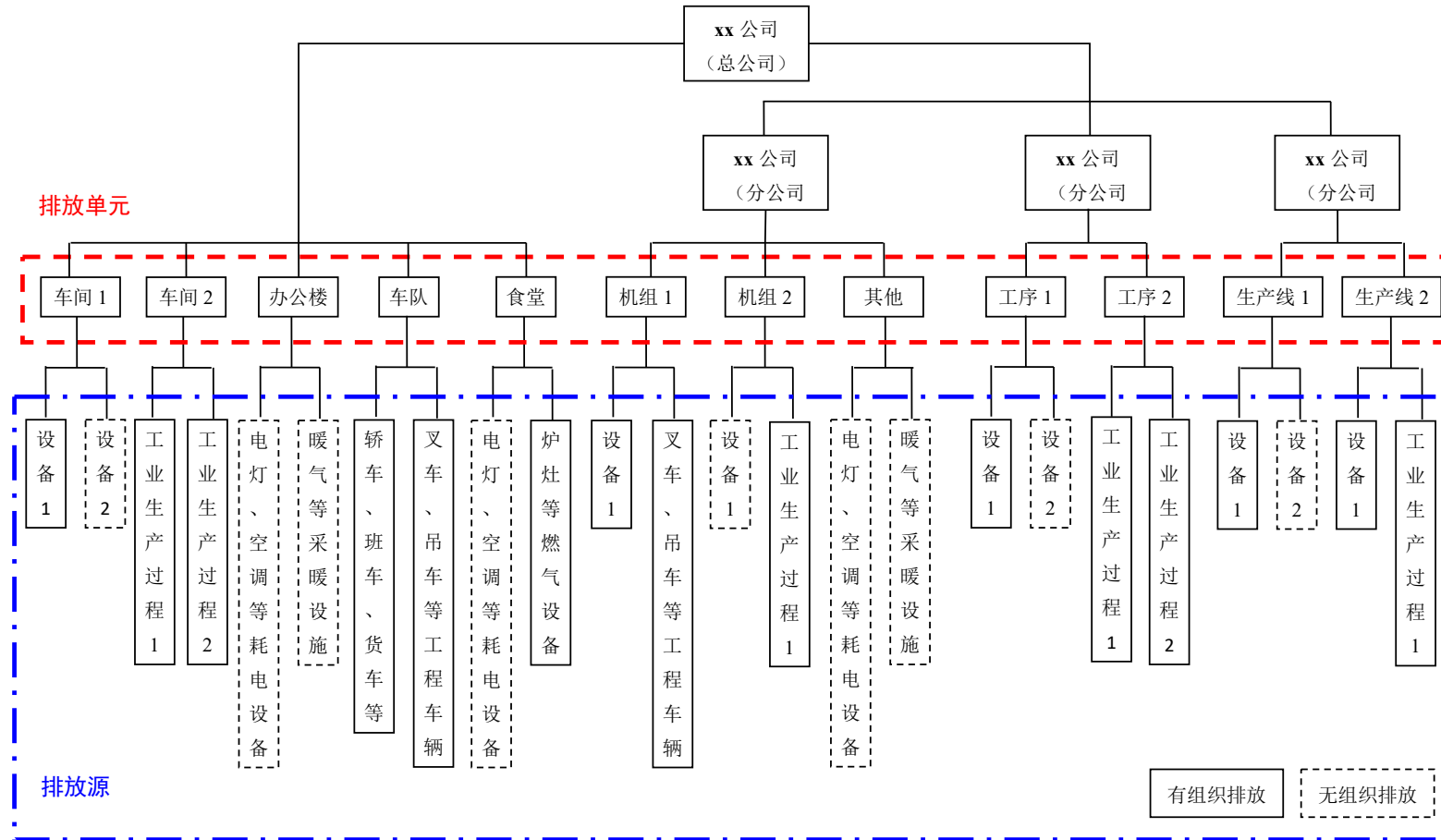
附录 A 企业大气挥发性有机污染物排放监测计划

XX 年 XX 企业大气挥发性有机污染物排放监测计划

一、企业基本情况						
企业名称	(加盖公章)			组织机构代码		
所属行业				法人代表		
厂址				注册地		
排放信息 责任人 联系方式	负责人		职务		电话	
	传真		手机		邮箱	
	通信地址				邮编	
二、监测小组成员						
姓名	职务/职称	部门	负责内容		电话	
			(可增行, 下同)			
三、监测方案						
序号	数据项	监测频次	监测方式及依据 ¹		监测部门	
备注						
四、监测报告管理						
报告性质	<input type="checkbox"/> 纸版 <input type="checkbox"/> 电子版		保存时间	<input type="checkbox"/> 10年 <input type="checkbox"/> 30年 <input type="checkbox"/> 永久 <input type="checkbox"/> 其他__年		

注：监测方式包括记录、计量、监测等，监测依据一般为相关标准或技术规范。

附录 B (资料性) 企业排放单元与排放源信息收集



图B.1 企业排放单元与排放源识别图示例

B.1 排放单元与排放源编码规则

B.1.1 排放单元编码规则

A I 01

①②③

①字母A为公司编码，若企业有多个分公司则按字母顺序排列，范围为B~Z；

②大写罗马数字I为厂区位置编码，若企业有多个厂区则按罗马顺组排列，范围为I~IXIX；

③数字01为排放单元编码，若有多个排放单元则按数字顺序排列，范围为01~99；

B.1.2 排放源编码规则

AI 01 Z 001

① ② ③

①为排放单元编码；

②字母Z为排放源性质编码，直接排放源用字母Z，间接排放源用字母J；

③数字001为排放源编码，若有多个排放源则按数据顺序排列，范围为001~999。

表B.1 VOC臭氧生成潜势最大增量反应活性系数MIR估算参考值

序号	物种	MIR	序号	物种	MIR	序号	物种	MIR	序号	物种	MIR
1	乙烷	0.14	34	异戊二烯	7.89	67	丙酮	0.22	100	乙酸正丁酯	0.50
2	丙烷	0.25	35	1-己烯	5.69	68	异丙醇	0.49	101	2-丁氧基乙醇	1.08
3	正丁烷	0.75	36	顺-2-己烯	9.83	69	正丙醇	1.86	102	苯乙醛	-1.02
4	异丁烷	0.83	37	反-2-己烯	5.44	70	甲基乙二醛	15.27	103	苯乙酮	0.35
5	正戊烷	0.87	38	β -蒎烯	2.46	71	乙酸甲酯	0.18	104	苯甲醇	-0.33
6	异戊烷	0.91	39	柠檬烯	7.36	72	丙二醇	2.45	105	2-甲基苯甲醛	-1.19
7	正己烷	0.62	40	苯	0.38	73	二甲氧基甲烷	0.41	106	3-甲基苯甲醛	-1.16
8	2,2-二甲基丁烷	0.74	41	甲苯	2.12	74	巴豆醛	3.97	107	4-甲基苯甲醛	-0.65
9	2,3-二甲基丁烷	0.81	42	乙苯	2.02	75	甲基丙烯醛	5.23	108	庚醛	4.63
10	2-甲基戊烷	1.12	43	间二甲苯	6.41	76	2-甲基丙醛	6.29	109	5-甲基-2-己酮	3.60
11	3-甲基戊烷	1.19	44	邻二甲苯	5.41	77	丁醛	4.54	110	2,3-二甲基苯酚	6.08
12	环己烷	1.29	45	对二甲苯	4.17	78	甲基乙基酮	1.18	111	3-辛醇	1.65
13	正庚烷	0.28	46	苯乙烯	1.45	79	异丁醇	2.28	112	二氯甲烷	0.07
14	正辛烷	0.07	47	正丙基苯	1.79	80	正丁醇	1.27	113	乙炔	0.20
15	正壬烷	0.01	48	异丙基苯	2.41	81	仲丁醇	1.40	114	氯乙烯	3.03
16	正癸烷	0.02	49	间乙基甲苯	5.83	82	乙醚	2.42	115	1,1-二氯乙烷	0.08
17	正十一烷	-0.03	50	邻乙基甲苯	4.47	83	联乙醚	20.42	116	1,1,1-三氯乙烷	0.002
18	正十二烷	-0.10	51	对乙基甲苯	3.87	84	乙酸乙酯	0.54			
19	2-甲基己烷	0.73	52	1,2,3-三甲基苯	8.57	85	1-甲氧基-2-丙醇	1.51			
20	3-甲基己烷	1.06	53	1,2,4-三甲基苯	9.54	86	2-乙氧基乙醇	2.20			
21	乙烯	4.71	54	1,3,5-三甲基苯	9.64	87	二乙二醇	2.6			
22	丙烯	6.68	55	1,3-二甲基-5-乙基苯	8.64	88	3-甲基丁醛	3.75			
23	1-丁烯	4.77	56	甲醛	6.71	89	戊醛	6.27			
24	异丁烯	4.75	57	甲醇	0.38	90	甲基叔丁基醚	0.44			
25	顺-2-丁烯	12.64	58	甲酸	0.06	91	乙酸乙丙酯	0.80			
26	反-2-丁烯	14.11	59	环氧乙烷	0.04	92	乙酸丙酯	0.47			
序号	物种	MIR	序号	物种	MIR	序号	物种	MIR			
27	1,3-丁二烯	4.73	60	乙醛	4.10	93	苯酚	1.80			

28	1-戊烯	6.18	61	乙醇	0.66	94	2-己酮	2.71
29	3-甲基-1-丁烯	6.93	62	二甲醚	0.57	95	环己酮	0.97
30	2-甲基-1-丁烯	6.08	63	乙二醛	3.11	96	己醛	5.72
31	2-甲基-2-丁烯	10.31	64	醋酸	0.35	97	4-甲基-2-戊酮	2.78
32	顺-2-戊烯	9.69	65	丙烯醛	3.01	98	4-甲基-2-戊醇	2.03
33	反-2-戊烯	9.45	66	丙醛	2.60	99	己醇	2.13

表B.2 二次有机气溶胶生成潜势FAC (%) 估算参考值

VOCs	mFAC	VOCs	mFAC
甲基环戊烷	0.17	苯	2
环己烷	0.17	甲苯	5.4
庚烷	0.06	乙苯	5.4
甲基环己烷	2.7	间对二甲苯	4.7
2-甲基庚烷	0.5	邻二甲苯	5.0
3-甲基庚烷	0.5	苯乙烯	5.0
辛烷	0.06	异丙苯	4.0
壬烷	1.5	正丙苯	1.6
癸烷	2.0	间乙基甲苯	6.3
十一烷	2.5	对乙基甲苯	2.5
乙烯	0.07	1,3,5-三甲基苯	2.9
丙烯	0.09	邻乙基甲苯	5.6
1-丁烯	0.06	1,2,4-三甲基苯	2.0
反-2-丁烯	0.19	1,2,5-三甲基苯	3.6
顺-2-丁烯	0.22	1,3-二乙苯	6.3
反-2-戊烯	0.17	1,4-二乙苯	6.3
顺-2-戊烯	0.17	间乙基甲苯	2.5
异丙醇	0.02	正丁醇	0.02
乙醇	0.03	异丁醇	0.01
甲醇	0.02	丙酮	0.02
正丙醇	0.02	甲基乙基酮	0.03
乙酸丁酯	0.01		

表B.3 电子制造业不同工艺时期SOA生成潜势占比参考值

类别	物种名称	FAC (%)	SOA 贡献 (%)			
			注塑成型期	塑料件加工期	喷涂工艺	非喷涂工艺
烷烃	正庚烷	0.06	5.74	0.53	0.15	5.88
	正辛烷	0.06	0.92	1.76	1.71	2.46
	壬烷	1.50	0.03	0.35	0.29	1.25
	正癸烷	2.00	0.00	0.09	0.04	0.77
	正十一烷	2.50	0.06	0.02	0.00	0.30
	2-甲基庚烷	0.50	4.98	0.47	0.35	2.21
	3-甲基庚烷	0.50	2.37	0.13	0.09	0.57
	甲基环戊烷	0.17	7.79	0.55	0.18	5.84
	环己烷	0.17	21.86	40.29	43.00	1.36
	甲基环己烷	2.70	2.81	1.96	0.88	17.41
烯烃	异戊二烯	2.00	0.64	0.05	0.02	0.42
芳香烃	苯	2.00	26.65	13.55	12.87	23.40
	甲苯	5.40	20.49	14.78	15.36	6.50
	乙苯	5.40	1.54	10.27	10.00	14.18
	间/对二甲苯	4.70	3.00	8.90	8.78	10.56
	邻二甲苯	5.00	1.11	5.97	5.93	6.62
	异丙苯	4.00	0	0.01	0.01	0
	丙苯	1.60	0	0	0.01	0
	间乙基甲苯	6.30	0	0.07	0.07	0
	对乙基甲苯	2.50	0	0.07	0.08	0.01
	1,3,5-三甲基苯	2.90	0	0.09	0.09	0.06
	邻乙基甲苯	5.60	0	0.07	0.07	0.10
	1,2,4-三甲基苯	2.00	0	0	0	0
	1,2,3-三甲基苯	3.60	0	0.02	0.01	0.09
	间二乙苯	6.30	0	0	0	0
对二乙苯	6.30	0	0	0	0	
烷烃			46.56	46.14	46.70	38.07
烯烃			0.64	0.05	0.02	0.42
芳香烃			52.80	53.81	53.27	61.51
总计			100.00	100.00	100.00	100.00

附录 C（资料性）设备动静密封点泄漏速率的参考

密封点的泄露速率参考表汇总如下：

表C.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。

表C.2 筛选范围泄漏系数（单位：千克/小时/排放源）

密封点类型	介质	≥10000 μmol/mol	<10000 μmol/mol
法兰、连接件	所有	0.113	0.000081

注：数据摘自EPA，1995b报告的数据。

表C.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	0.01990
	重液体	0.00862
压缩机	气体	0.22800
泄压设备	气体	0.10400
法兰、连接件	所有	0.00183
开口阀或开口管线	所有	0.00170
采样连接系统	所有	0.01500

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；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/747150030156006144>