

附件 2

石化行业 VOCs 污染源排查工作指南 (征求意见稿)

环境保护部

2015.5

目录

第一章 序言	1
一、 适用范围	1
二、 规范性引用文件	2
三、 其它参考文件	4
(一) 国内参考标准	4
(二) 国外参考规范	4
四、 术语和定义	4
五、 声明	9
第二章 排查范围	10
第三章 工作流程	11
第四章 工作方法	12
一、 企业概况统计信息	12
二、 设备动静密封点泄漏 VOCs 污染源排查	12
(一) 排查范围	12
(二) 排查工作流程	13
(三) 排查方法	14
(四) 排查报告	17
三、 挥发性有机液体储存调和 VOCs 污染源排查	18
(一) 排查范围	18
(二) 排查工作流程	18
(三) 排查方法	19
(四) 排查报告	22
四、 有机液体装卸挥发损失 VOCs 污染源排查	22
(一) 排查范围	22
(二) 排查工作流程	23
(三) 排查方法	23
(四) 排查报告	27
五、 废水集输、储存、处理处置过程逸散 VOCs 污染源排查	28
(一) 排查范围	28
(二) 排查工作流程	28
(三) 排查方法	30
(四) 排查报告	32
六、 其他源项 VOCs 污染源排查	33
(一) 排查范围	33
(二) 排查工作流程	33
(三) 排查方法	34
(四) 排查报告	39
七、 VOCs 污染源排查总报告	40
附录	41
一、 序言相关附录	41
二、 设备动静密封点泄漏相关附录	48
(一) 附录二.1 资料收集	48
(二) 附录二.2 合规性检查表	49
(三) 附录二.3 密封点排放速率核算方法	50
(四) 附录二.4 排放因子的确定	55
(五) 附录二.5 密封点排放时间的确定	55
三、 挥发性有机液体储存调和相关附录	60

(一) 附录三.1 资料收集.....	60
(二) 附录三.2 合规性检查表.....	65
(三) 附录三.3 核算方法.....	67
四、 有机液体装卸挥发损失相关附录.....	89
(一) 附录四.1 资料收集.....	89
(二) 附录四.2 合规性检查表.....	93
(三) 附录四.3 核算方法.....	93
五、 废水集输、储存、处理处置过程逸散相关附录.....	100
(一) 附录五.1 合规性检查表.....	100
(二) 附录五.2 核算方法调查表.....	100
(三) 附录五.3 核算方法说明.....	104
六、 其它源项相关附录.....	110
(一) 附录六.1 资料收集.....	110
(二) 附录六.2 核算方法.....	116
(三) 附录六.3 估算系数.....	132

第一章 序言

为贯彻落实《石化行业挥发性有机物综合整治方案》的相关要求，大力推进石化行业挥发性有机物（VOCs）管理控制，开展 VOCs 污染源排查工作，制定本指南。

一、适用范围

本指南适用于石油炼制、石油化工企业，主要在设备泄漏、挥发性有机液体储存调和、装卸、废水收集及处理系统、工艺废气等方面，采用实测、物料衡算、模型计算、公式计算、排放系数等排放量核算方法，重点对企业原辅材料和产品、主要生产工艺、VOCs 排放环节、治理措施和效果、VOCs 排放量和 VOCs 物质清单等开展排查，摸清企业的 VOCs 排放状况，实现企业 VOCs 排放情况“可监测测量、可计算报告、可验证核查、可公示公开”，最终指导企业 VOCs 污染源排查工作。

本指南中使用的 VOCs 排放量估算方法可用于指导总量控制、环境影响评价等方面。

本指南根据工艺环节污染源归类解析的理论基础，将石化行业 VOCs 排放源按照工艺特点分为 11 种：

- 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.有机液体装卸挥发损失
- 4.废水集输、储存、处理处置过程逸散
- 5.工艺有组织排放
- 6.冷却塔、循环水冷却系统释放

7.非正常工况（含开停工及维修）排放

8.工艺无组织排放

9.火炬排放

10.燃烧烟气排放

11.采样过程排放

本指南采用全过程精细化管理思路和开放型监管模式的核心思想，将企业 VOCs 污染源排查从末端治理转移到源头控制和过程监管上，实现“政府引导和服务、企业排查和申报、社会参与和监督”。

在污染源归类解析的基础上，本指南将主要工作内容分为设备泄漏、挥发性有机液体储存调和、挥发性有机液体装卸、废水收集及处理系统、其它源项五大部分，并对每部分提出相应的 VOCs 污染源排查工作方法。

二、规范性引用文件

本指南引用下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

《中华人民共和国大气污染防治法》；

《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37号）；

《重点区域大气污染防治“十二五”规划》（国函〔2012〕146号）；

《挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策》（环保部公告2013第31号）；

《石化行业挥发性有机物综合整治方案》（环发〔2014〕177号）；

GB 16297 《大气污染物综合排放标准》；

-
- GB 14554 《恶臭污染物排放标准》；
- GB 8978 《污水综合排放标准》；
- GB 20950 《储油库大气污染物排放标准》；
- GB 20951 《汽油运输大气污染物排放标准》；
- GB/T 8017 《石油产品蒸气压测定法（雷德法）》；
- HJ 733 《泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则》；
- HJ/T 397 《固定源废气监测技术规范》
- HJ 732 《固定污染源废气挥发性有机物的采样气袋法》
- HJ 734 《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/T 38 《固定污染源排气中非甲烷总烃的测定 气相色谱法》
- HJ 493 《水质 样品的保存和管理技术规定》
- HJ 501 《水质 总有机碳的测定 燃烧氧化—非分散红外吸收法》
- HJ 686 《水质 挥发性有机物的测定 吹扫捕集/气相色谱法》
- SH/T 3002 《石油库节能设计导则》；
- SH/T 3007 《石油化工储运系统罐区设计规范》；
- DB12/524 《工业企业挥发性有机物排放控制标准》；
- Q/SH 0546 《石化装置挥发性有机化合物泄漏检测规范》；
- 《关于印发〈设备泄漏挥发性有机物排放控制技术（泄漏检测与修复）规程（试行）〉和〈化工装置开停工和检维修挥发性有机物排

放控制技术规程（试行）的通知》（沪环保防〔2014〕327号）。

三、其它参考文件

本指南参考下列文件或其中的条款。

（一）国内参考标准

GB《石油炼制工业污染物排放标准》（拟发布稿）；

GB《石油化学工业污染物排放标准》（拟发布稿）；

GB《合成树脂工业污染物排放标准》（拟发布稿）；

（二）国外参考规范

美国环保署（EPA）污染物排放因子文件（AP-42）；

《炼油厂排放估算协议》（EPA，2011）；

EPA-453/R-95-017《设备泄漏排放估算协议》（EPA，1995）；

《合成有机化学品制造业新改扩项目设备泄漏性能标准》（EPA，2006）；

美国《新建污染源实施标准》（NSPS）；

美国《国家污染源大气有害污染物排放标准》（NESHAP）；

美国《挥发性有机物的测定—气相色谱/质谱分析法》（EPA 监测方法 8260B，1996）。

四、术语和定义

石油炼制（Petroleum Refinery）

以原油、重油等为原料，生产汽油馏分、柴油馏分、燃料油、润滑油、石油蜡、石油沥青和石油化工原料等产品的过程。

石油化学工业 (Petroleum Chemistry Industry)

以石油馏分、天然气为原料，生产有机化学品（见 GB 《石油化学工业污染物排放标准》（拟发布稿 附录 A）、合成树脂、合成纤维、合成橡胶等的工业。

挥发性有机物 (Volatile Organic Compounds, 简称 VOCs)

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物。常见工业 VOCs 名单及其物理性质见附表一。

挥发性有机液体 (Volatile Organic Liquid)

任何能向大气释放挥发性有机物的符合以下任一条件的有机液体：（1）20℃时，挥发性有机液体的真实蒸气压大于 0.3 kPa；（2）20℃时，混合物中，真实蒸气压大于 0.3 kPa 的纯有机化合物的总浓度等于或者高于 20%（重量比）。

泄漏检测与修复 (Leak Detection and Repair, 简称 LDAR)

泄漏检测与修复技术是在涉及 VOCs 的工业企业中对生产全过程物料泄漏进行控制的系统工程。该技术采用固定或移动监测设备，定量或定性检测生产装置中阀门、法兰、机泵、压缩机、开口阀、密闭系统排放口、人孔等易产生 VOCs 泄漏处的泄漏情况，并修复超过一定浓度的泄漏源，从而控制物料泄漏损失，减少对环境造成的污染。

泄漏定义浓度 (Leakage Definition Concentration)

密封点泄漏浓度净检测值不得超过的浓度限值。一旦超过该限值，则视为泄漏，企业应采取修复措施。

重液体 (Heave Liquid)

设备内除气体和挥发性有机液体外的挥发性有机物。

延迟修复 (Delayed Repair)

延迟修复是指运行装置在不停车的前提下,发现修复时限内无法修复的情况。设备的修复需在装置下次停工前进行,并在装置开工后的修复时限内完成修复。

不可达密封点 (Inaccessible Seals)

由于物理或化学因素导致无法检测的密封点。物理因素主要包括空间因素(超出操作平台 2 米以上及其它空间因素)、保温或保冷等物理隔离、高温或辐射等;化学因素主要是密封点存在可能导致检测人员暴露于危险的有毒有害介质(如 H₂S 等)。

校准气体 (Calibration Gas)

指校准时用于将仪器读数调节至已知浓度的化合物。校准气体通常是接近相关泄漏定义浓度的参考化合物标准气体。

参考化合物标准气体 (Reference Compound Standard Gas)

指平衡气体为高纯空气、浓度在相关泄漏定义浓度附近、相对扩展不确定度不大于 2% (k=2) 的气体标准物质。

零气 (Zero Gas)

VOCs 含量低于 10 μ mol/mol (以甲烷计) 纯净空气。

环境本底值 (Environment Background Value)

按照 HJ733 中 4.2.3.1 规定方法测得的环境检测值,单位通常为 μ mol/mol (ppmv)。

净检测值 (Net Screening Value)

扣除环境本底值的检测值,单位通常为 μ mol/mol (ppmv)。

响应时间 (Response Time)

指仪器测定 VOCs 浓度时,从仪器接触被测气体至达到稳定指示

值的 90% 的时间。

响应因子 (Response Factor)

指已知 VOCs 化合物的浓度值, 与等浓度参考化合物校准的仪器检测值的比值。

默认零值 (Default Zero)

小于 $1 \mu\text{mol/mol}$ 净检测值。

总有机化合物 (Total Organic Compound, 简称 TOC)

物料中所有有机化合物。

储罐 (Storage Tank)

储存各种油品和挥发性有机液体的设备。

常压储罐 (Atmospheric Storage Tank)

设计压力小于或等于 6.9kPa (罐顶表压) 的储罐。

低压储罐 (Low-pressure Storage Tank)

设计压力大于 6.9kPa 且小于 0.1MPa (罐顶表压) 的储罐。

压力罐 (Pressure Storage Tank)

设计压力大于或等于 0.1MPa (罐顶表压) 的储罐。

无组织排放 (Fugitive Emission)

指大气污染物不经过排气筒的无规则排放。低矮排气筒 (高度低于 15 米的排气筒) 的排放属有组织排放但在一定条件下也可造成与无组织排放相同的后果。

有机废气回收设施 (Control System for Organic Waste Gas)

任何有机废气的处理设备和回收设备, 包括吸收器、活性炭吸附器、冷凝器、焚化炉、火炬、锅炉、工艺加热炉等。

控制效率 (Control Efficiency)

通过废气污染控制装置收集并去除的污染物排放量占总污染物排放量的比例，等于收集效率乘以去除效率。

真实蒸汽压（True Vapor Pressure）

有机液体气化率为零时的蒸汽压，根据测定的雷德蒸汽压（GB/T8017）换算得到。

喷溅式装载（Splash Loading）

在整个或大部分装载过程中，鹤管出油口处于液位之上的装载方式。

液下装载（Submerged Loading）

在整个或绝大部分装载过程中，鹤管出油口都处于液位之下的装载方式。

底部装载（Bottom Loading）

从油罐车的罐底部将油装入罐内的装载方式。

石油化学工业污水（Petroleum Chemistry Industry Wastewater）

在石油化学工业生产过程中产生的污水，包括工艺污水、污染雨水、循环冷却水排污水、化学水制水排污水、蒸汽发生器排污水、余热锅炉排污水等。不包括用于物料间接冷却的直流冷却（海）水，石油化学工业企业自备电站、锅炉排污水及为其服务的化学水制水排污水。

废水集输系统（Wastewater Collection and Transportation System）

用于废水收集、储存、输送等设施的总和，包括地漏、管道、沟、渠、连接井、集水池、罐等。

逸散性挥发性有机物（Emissive Volatile Organic Compounds，简称 EVOCs）

室温下，水样中用气流吹扫可去除的 VOCs。

五、声明

本指南由环境保护部污染防治司组织制订。

本指南起草单位：环境保护部环境工程评估中心、中国石油化工集团公司、中国石油天然气集团公司、中国海洋石油总公司。

本指南环境保护部 20□□年□□月□□日批准。

本指南自 20□□年□□月□□日起实施。

本指南由环境保护部解释。

第二章 排查范围

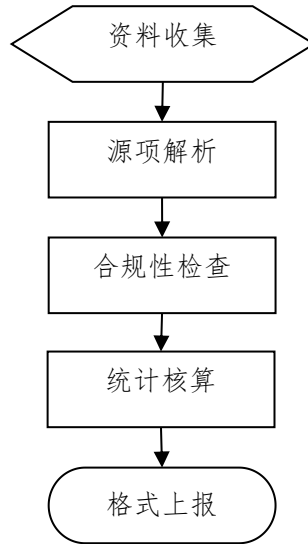
本指南的排查范围包括燃烧烟气、生产过程中有组织排放工艺废气、生产过程中无组织排放工艺废气、设备动静密封点、储存调和、装卸、废水收集及处理等 11 类源项，详见表二-1。

表二-1 工作指南排查范围

序号	源项	描述
1	设备动静密封点泄漏	石化生产装置中输送物料的动、静密封点排放的 VOCs
2	有机液体储存与调和挥发损失	VOCs 排放来自于挥发性有机液体固定顶罐（立式和卧式）、浮顶罐（内浮顶和外浮顶）的静止呼吸损耗和工作损耗
3	有机液体装卸挥发损失	挥发性有机液体在装卸过程中逸散进入大气的 VOCs
4	废水集输、储存、处理处置过程逸散	废水在收集、储存及处理过程中从水中挥发的 VOCs
5	工艺有组织排放	主要指生产过程中装置有组织排放的工艺废气，其 VOCs 的排放受生产工艺过程的操作形式（间歇、连续）、工艺条件、物料性质限制
6	冷却塔、循环水冷却系统释放	由于设备泄漏，导致有机物料和冷却水直接接触，冷却水将物料带出，冷却过程由于凉水塔的气提作用和风吹逸散，从冷却水中排入大气的 VOCs
7	非正常工况（含开停工及维修）排放	开停工及检维修过程中由于泄压和吹扫等工序而排放的废气
8	工艺无组织排放	石油炼制行业主要指延迟焦化装置在切焦过程中排放的工艺废气
9	火炬排放	用于热氧化处理、处置区域内生产设备所排放的各类具有一定热值气体的焚烧净化装置，火炬气通过焚烧可去除大部分的烃类，但其排放废气中仍包括未燃烧的 VOCs
10	燃烧烟气排放	主要是指锅炉、加热炉、内燃机和燃气轮机等设施燃烧燃料过程排放的烟气
11	采样过程排放	采样管线内物料置换和置换出物料的收集储存过程中，逸散的部分 VOCs

第三章 工作流程

本指南按照资料收集、源项解析、合规性检查、统计核算、格式上报的原则对 VOCs 的排放量进行核算，工作流程图见图三-1



图三-1 基本工作流程图

第四章 工作方法

一、企业概况统计信息

企业概况统计信息主要包括企业名称、企业主体装置数量、建立时间、原料及加工能力、原辅材料及消耗量、主要产品及生产能力等内容，详见表四-1。

表四-1 企业概况信息

企业名称						
企业代码						
详细地址						
企业中心坐标	北纬 (N)	° ' "	东经 (E)	° ' "		
主体装置数量			企业建立时间	年 月		
原料			原料加工能力 (10 ⁴ t/a)			
含 VOCs 原辅材料	原辅材料消耗量 (10 ⁴ t/a)	主要产品		主要产品生产能力 (10 ⁴ t/a)		
(1)	(1)	(1)		(1)		
(2)	(2)	(2)		(2)		
(3)	(3)	(3)		(3)		
(4)	(4)	(4)		(4)		
(5)	(5)	(5)		(5)		
联系人			联系电话			

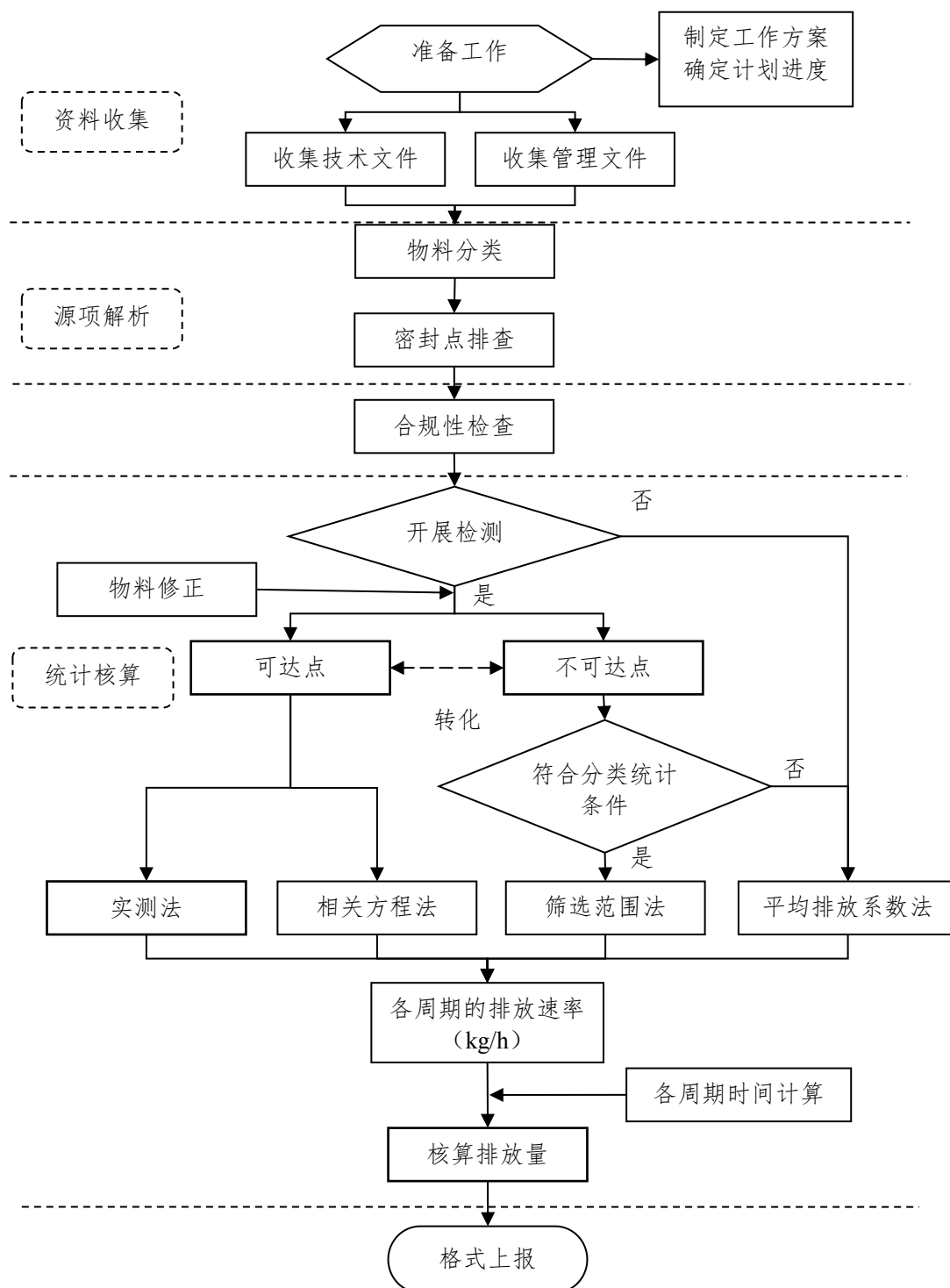
二、设备动静密封点泄漏 VOCs 污染源排查

(一) 排查范围

设备动静密封点泄漏排查范围为 VOCs 流经或接触的设备，主要包括泵、压缩机、搅拌器、阀、泄压设备、采样连接系统、开口阀或开口管线、法兰、连接件等 9 大类。

(二) 排查工作流程

设备泄漏排查工作流程包括资料收集、源项解析、合规性检查、统计核算、格式上报五部分，具体工作流程见图四-1。



图四-1 工作流程图

（三）排查方法

1.资料收集

设备泄漏排查收集的技术资料主要包括工艺流程图（PFD）、管道仪表图（PID）、物料平衡表、操作规程等信息。对于已开展泄漏检测与修复的装置，收集工作介绍、管理文件和记录文件等相关信息。

（1）工作介绍

工作介绍主要包括 LDAR 相关技术报告、工作总结、会议纪要等。

（2）相关管理文件

相关管理文件主要包括执行标准、质量手册、程序文件和作业指导书等。

（3）记录文件

记录文件主要包括密封点基础台账、检测仪器检定证书、校准记录、漂移检查记录、校准气体使用记录、修复作业记录、延迟修复记录、豁免登记等。

2.源项解析

（1）物料分类

根据物料工艺参数（气体、轻液体、重液体）对物料流进行分类。在 PID 图上对各物料流进行标识。

（2）密封点排查

依据排查范围规定的 9 种设备进行密封点分类统计，填写附录二.1。密封点排查分为现场标识采集和基础台账建立。

①现场标识采集。受控密封点现场采集的主要信息有：密封群组（如调节阀组）中各类密封点的数量、空间位置、PID 图号或工艺位

置、公称直径、可达性、照片文件编号等信息。对于不可达点需要单独记录原因。

②基础台账建立。根据现场数据采集信息、PID 和 PFD 对每一密封点建立电子基础数据库。数据库至少包括以下信息：装置、区域、密封点（群组）编码、密封点类型、介质状态、公称直径、可达性、PID 图号等。基于 VOCs 排放精细化管理思想，企业可选择性填写 TOC 含量（%）、甲烷（CH₄）含量（%）、VOCs 含量（%）、物料组分及含量等信息。

3.合规性检查

设备泄漏 VOCs 污染源排查过程的合规性检查是指企业的污染源管控与国家、地方环保法规、标准是否一致。检查内容详见附录二.2。

4.现场检测

企业根据欲采用的核算方法而确定开展检测（或采用已有检测数据），并选取相应的检测方法。选择平均排放系数法计算设备泄漏 VOCs 排放，不需要检测数据；选择筛选范围、相关方程法或实测法，企业需要依据《石化企业 LDAR 项目技术规范》的相关要求实施检测。

5.统计核算

根据源项解析结果，按照图四-1 流程进行统计核算。企业可根据自身 LDAR 开展情况，选择核算方法。排放量核算结果的准确度从高到低排序为：实测法、相关方程法、筛选范围法、平均排放系数法，详见附录二.3。

(1) 基于检测的排放速率核算

采用基于检测的核算方法，需获得检测仪器对物料的（合成）响应因子，以判断是否需要修正检测值，附录二.4。

① 实测法

实测法所得结果最接近真实排放情况，企业可选用该方法对密封点排放速率进行检测。

② 相关方程法

相关方程法是目前最为常用的核算方法，通过把各可达密封点检测值和 TOC 中 VOCs 的质量分数代入相关方程，可得出设备的 VOCs 排放速率。

③ 筛选范围法

筛选范围法是一种基于检测值的简易算法。主要适合不可达法兰或连接件的 VOCs 排放速率核算。企业采用筛选范围法核算某装置不可达法兰或连接件排放速率时，需要按照《石化企业 LDAR 项目技术规范》检测至少 50% 该装置的法兰或连接件，并且至少包含一个净检测值大于等于 $10000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 的点，以检测值 $10000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 为界，分析已检测法兰或连接件测量值可能 $\geq 10000\text{ ppmv}$ 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 $10000\mu\text{mol}/\text{mol}$ 的不可达点个数向上取整。该方法仅适用于当轮检测。

(2) 基于密封点统计台账的排放速率核算

根据物料状态（气体、轻液体、重液体）、密封类型以及 TOC、VOCs 和 CH_4 的质量分数，核算排放速率。

(3) 排放量核算

各个密封点的检测时间和检测周期不同，在计算各个密封点排放量时，可采用中点法确定该密封点的排放时间，再乘以排放时间内的排放速率，见附录二.5。

(四) 排查报告

企业排查工作完成后，需形成排查报告，见表四-2。

表四-2 企业设备泄漏 VOCs 污染源排查表

排查项目	企业设备泄漏 VOCs 污染源排查
排查单位	XX 公司
检测实施单位	XX 公司
报告编制单位	XX 公司
排查时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
检测时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
LDAR 基本情况 (填写模板) ^a	本企业 XXXX 年加工量 (产量) XX 10 ⁴ t，共有 XX 套生产装置，其中涉 VOCs 装置 XX 套，开展 LDAR 工作 XX 套生产装置，尚未开展的装置有 X 套，豁免装置 X 套。 XX 企业受控密封点共计 XX 个，不可达点 XX 个，XX 套生产装置已完成 X 轮 LDAR 工作。
设备泄漏 VOCs 排放估算结果及评估 (填写模板) ^b	XXXX 年度 第 1 轮检测密封点 XX 个，泄漏密封点 XX 个，修复 XX 个； ... 采用 XX 估算方法，本企业 XXXX 年度设备泄漏 VOCs 排放量为 XX t。
设备泄漏 VOCs 损耗量削减潜力分析	达标性分析： 达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内平均水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内先进水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a
备注	其它需要说明的排查结果

注：a：开展 LDAR 工作指装置至少已经完成密封点台帐建立；完成一轮 LDAR 指装置已完成密封点台帐建立和检测与修复，如果没有装置完成一轮 LDAR，则可保持模板原内容，即“XX 套生产装置已完成 X 轮 LDAR 工作”。

b：如果企业尚未开展检测，则可保持模板原内容，即“第 1 轮检测密封点 XX 个，泄漏密封点 XX 个，修复 XX 个”。

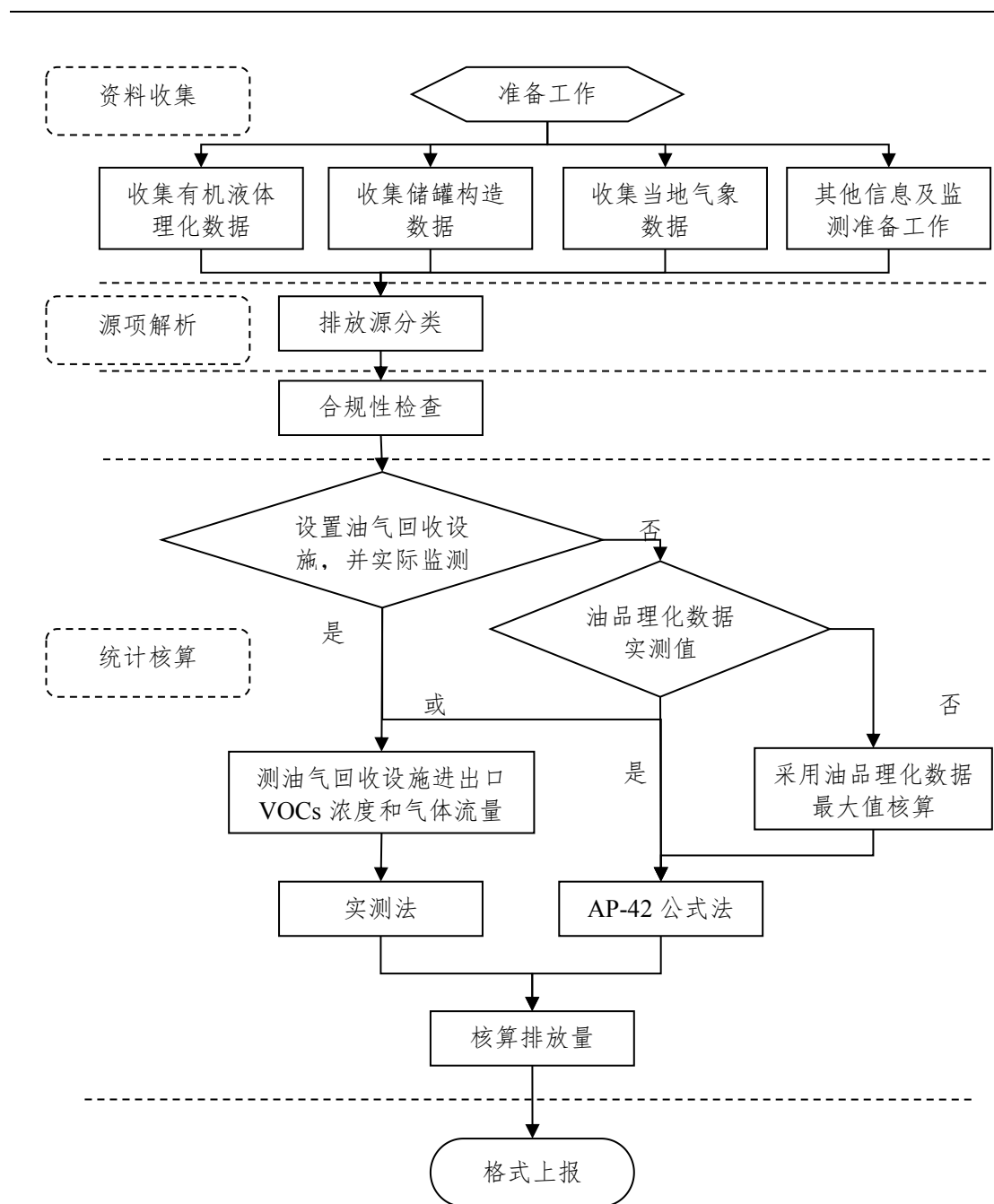
三、挥发性有机液体储存调和 VOCs 污染源排查

（一）排查范围

挥发性有机液体储存调和过程中 VOCs 的有组织和无组织排放源。

（二）排查工作流程

挥发性有机液体储存调和排查工作流程包括资料收集、源项解析、合规性检查、统计核算、格式上报五部分，具体工作流程见图四-2。



图四-2 储存调和过程 VOCs 工作流程图

(三) 排查方法

1. 资料收集

挥发性有机液体储存调和 VOCs 污染源排查收集的技术资料主要包括储存设施、物料、所在地气象信息、油气回收设施等相关信息，

详见附录三.1。

（1）储存设施信息

有机液体储存设施包括固定顶罐、内浮顶罐、外浮顶罐和压力罐（低压和高压）。

（2）有机液体物料信息

有机液体物料信息主要包括原油理化参数、中间产品-混合物理化参数（如各类油品）、中间产品-单体物质理化参数（如苯、丙烯晴）、成品-混合物理化参数、成品-单体物质理化参数（如苯、丙烯晴）、储罐所在地的气象信息。

（3）其它相关信息

其它相关信息主要包括储罐所在地的气象信息、末端回收治理措施信息。

2.源项解析

（1）储存设施分类

石化行业基本罐型包括：固定顶罐（立式和卧式）、外浮顶罐、固定顶外浮顶罐、内浮顶罐和压力罐（低压和高压）。

（2）排放源分类

① 固定顶罐

固定顶罐的 VOCs 无组织排放主要来自于静置储存过程中蒸发损失和收发物料过程中产生的工作损失。

② 浮顶罐

浮顶罐的 VOCs 无组织排放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。

③ 压力罐

压力罐主要用于储存挥发性较强的挥发性有机液体或气体。压力罐通常装有安全阀，可以阻止因沸腾引起的外排损失以及因昼夜温差和气压变化引起的呼吸损失。压力罐的操作中几乎没有蒸发或工作损失发生。另外，对压力罐的 VOCs 损失还没有合适的评价体系来进行估算。

3. 合规性检查

挥发性有机液体储存调和 VOCs 污染源排查过程的合规性检查是指企业的污染源管控与国家、地方环保法规、标准是否一致，检查内容详见附录三.2。

4. 现场监测

现场检测分为现场采样和实验室分析监测两部分。现场采样执行 HJ/T 397 的相关规定；实验室分析监测执行 HJ 732 或 HJ 734 的相关规定。

5. 统计核算

有机液体储存调和过程中 VOCs 无组织排放的定量估算方法包括实测法和公式法。上述两种计算方法只适用于常压储罐。

(1) 实测法

对于设有 VOCs 末端回收治理措施的储罐（区），其排放量优先采用实测法获得。监测项目为基于所选监测方法的 VOCs 浓度和风机出口流量，监测频次为 1 次/周。计算方法详见附录三.3。

(2) 公式法

公式法运用美国 EPA 发布的“污染物排放因子文件”（AP-42）最新版第七章中提供的评价公式，以我国有机液体理化参数和储罐构

造特点为基准，利用相关软件（如 Excel）编制的计算程序。公式法详见附录三.3。

（四）排查报告

企业排查工作完成后，需形成排查报告，见表四-3。

表四-3 挥发性有机液体储存调和 VOCs 污染源排查报告

排查项目	企业挥发性有机液体储存调和 VOCs 污染源排查
排查单位	XX 公司
监测实施单位	XX 公司
报告编制单位	XX 公司
排查时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
监测时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
储罐设施基本情况（填写模板）	本企业一次原油加工能力为 XX 10 ⁴ t/a，总罐容 XX 10 ⁴ m ³ ，年周转量 XX 10 ⁴ t/a。储运部及各类在运装置的常压储罐共有 XX 座，常压固定顶罐 XX 座，常压内浮顶罐 XX 座，常压外浮顶罐 XX 座。各罐区现有 VOCs 末端控制设施 XX 套，主要用于 XX 罐区，处理工艺各为 XX，装置规模各为 XX m ³ /h。
挥发性有机液体储存过程 VOCs 排放估算结果及评估（填写模板）	根据挥发性有机液体储存 VOCs 污染源排查工作指南，XX 公司对企业储罐设施进行 VOCs 污染源排查工作。 依据《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》估算本企业 XX 年度储存于常压储罐的有机液体 VOCs 排放量约为 XX t。
挥发性有机液体储存过程 VOCs 损耗量削减潜力分析	达标性分析： 达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内平均水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内先进水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a
备注	其它需要说明的排查结果

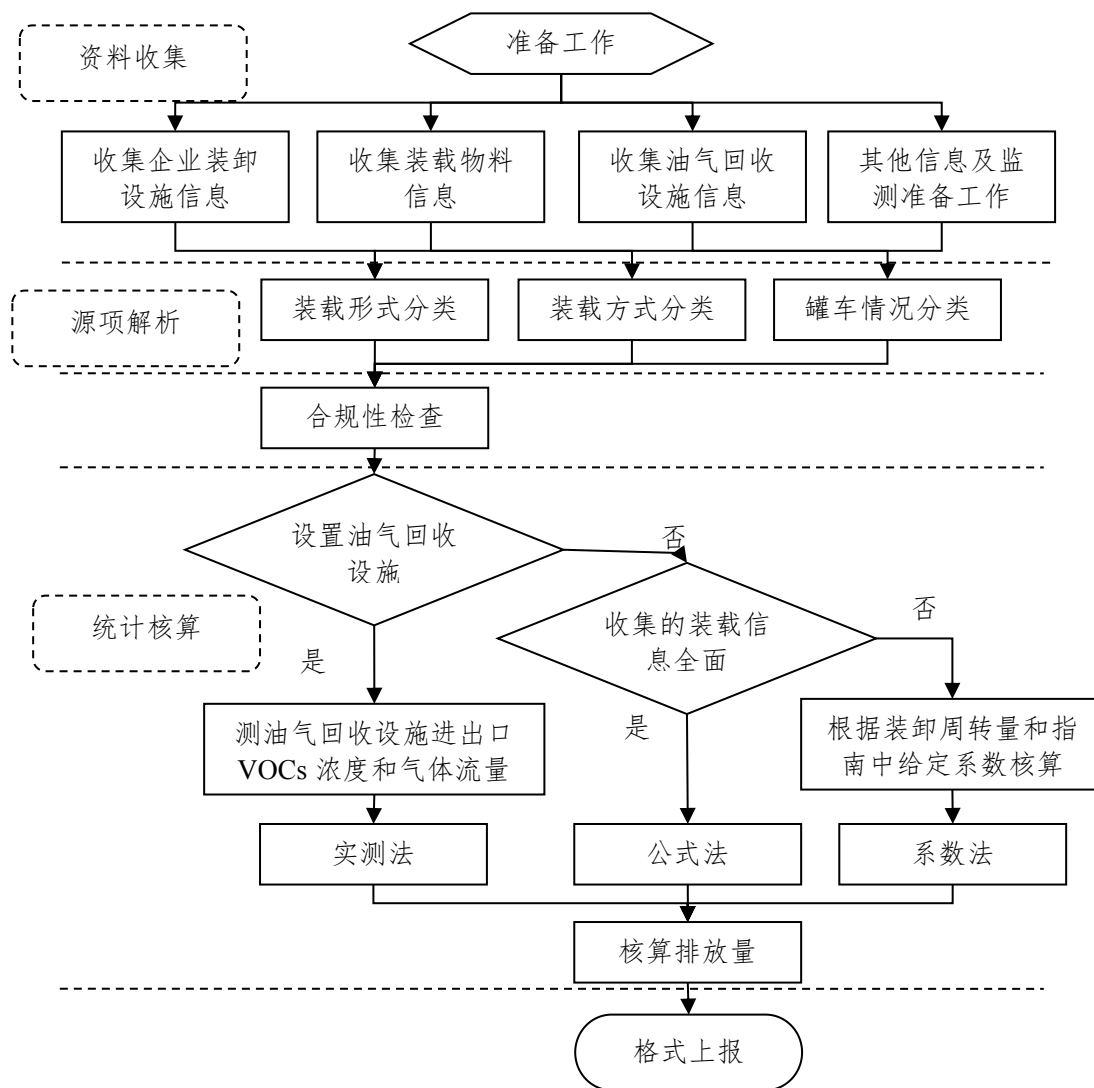
四、有机液体装卸挥发损失 VOCs 污染源排查

（一）排查范围

装卸过程 VOCs 排查范围是在物料装载过程中，汽车、火车和船舶（包括轮船和驳船）内的蒸气被装载物料置换时所产生的排放。

(二) 排查工作流程

挥发性有机液体装卸排查工作流程包括资料收集、源项解析、合规性检查、统计核算、格式上报五部分，具体工作流程见图四-3。



图四-3 装卸过程 VOCs 污染源排查工作流程图

(三) 排查方法

1. 资料收集

挥发性有机液体装卸 VOCs 污染源排查收集的技术资料主要包括企业装卸设施、装载物料、油气回收设施等相关信息。

(1) 企业装卸设施基本信息

排查过程需填写企业装卸设施基本信息情况，详见附表四-1。

(2) 实测法收集资料

对于装卸过程设置油气回收设施并有监测资料或可以进行实际监测时，推荐使用实测法进行核算，需要收集或监测的内容详见附表四-2。

(3) 公式法收集资料

对于未设置油气回收设施的装载过程，按照核算方法的优先顺序，推荐使用公式法进行核算，公式法核算公路或铁路装载过程 VOCs 损耗量，需要收集资料见附表四-3，公式法核算船舶装载过程 VOCs 损耗量，需要收集资料见附表四-4。

(4) 系数法收集资料

对于企业收集的相关资料不全，无法采用实测法或公式法进行核算时，使用系数法进行核算，系数法核算公路或铁路装载过程 VOCs 损耗量，需要收集资料见附表四-5，系数法核算船舶装载过程 VOCs 损耗量，需要收集资料见附表四-6。

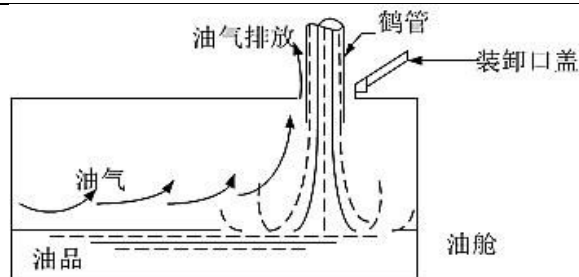
2. 源项分析

(1) 装载形式分类

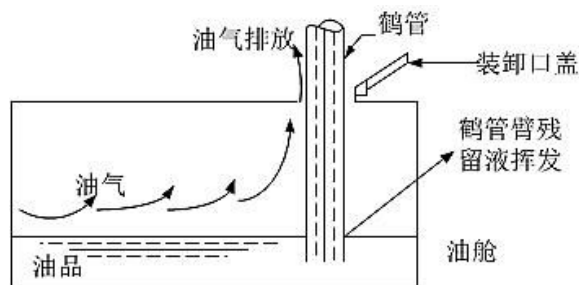
按照装载形式进行分类，分为汽车装载、火车装载和船舶装载，需采用不同的核算公式和排放系数。

(2) 装载方式分类

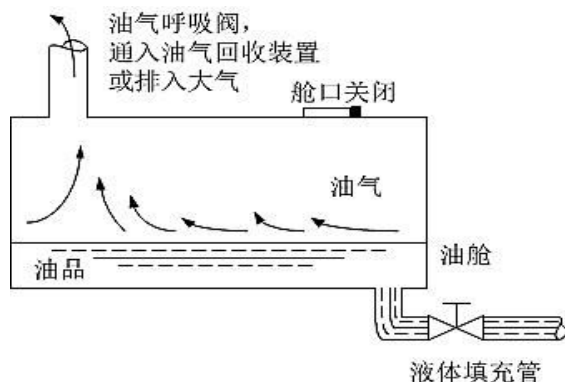
按照装载方式进行分类，分为喷溅式装载、液下装载和底部装载，如图四-4—图四-6 所示，需采用不同的饱和因子和排放因子。



图四-4 喷溅式装载



图四-5 液下装载



图四-6 底部装载

(3) 罐车情况分类

按照装载罐车进行分类，分为新罐车或清洗后的罐车、正常工况（普通）的罐车（其它形式的罐车），需采用不同的饱和因子和排放因子。

3. 合规性检查

挥发性有机液体装卸 VOCs 污染源排查过程的合规性检查是指企业的污染源管控与国家、地方环保法规、标准是否一致。检查内容

详见附录四.2。

4.现场监测

对于设置油气回收设施的装卸设施，企业在进行实际监测时，需要监测的内容包括：油气回收设施进、出口 VOCs 浓度，油气回收设施进、出口气体流量，装载物料温度等必测内容；罐车装载前罐内 VOCs 浓度、实际装载温度、装载物料的真实蒸汽压、装载物料气相分子量、装载物料密度等选测内容；具体见附录四.1。监测方法可参考储存调和章节中现场监测的相关方法。

5.统计核算

有机液体装卸过程中 VOCs 无组织排放的定量估算方法包括实测法、公式法和系数法。

(1) 实测法

根据实际收集或监测数据进行核算，核算原理基于物料平衡，即物料装载过程 VOCs 挥发量为理论挥发量与实际回收量/处理量的差值，详见附录四.3。

(2) 公式法

采用美国环保署（EPA）发布的污染物排放因子文件（AP-42）中的公式法估算，详见附录四.3。

(3) 系数法

若公式计算缺少必要参数时，装载损耗排放因子采用给定的排放系数进行 VOCs 排放量的估算，核算排放量时，将选用相关标准的上限值和理论计算值估算 VOCs 的排放量，此种算法可能会高估排放量结果，详见附录四.3。

(四) 排查报告

企业排查工作完成后，需形成排查报告，见表四-4。

表四-4 装卸 VOCs 污染源排查报告

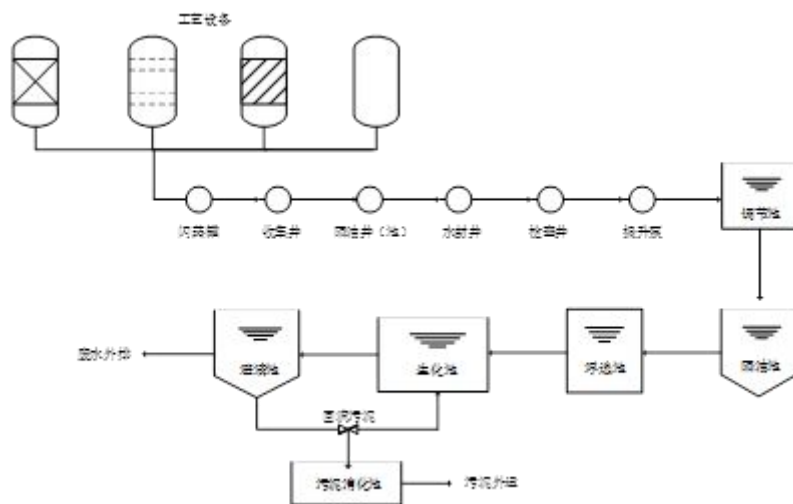
排查项目	企业挥发性有机液体装卸 VOCs 污染源排查
排查单位	XX 公司
监测实施单位	XX 公司
报告编制单位	XX 公司
排查时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
监测时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
装车设施基本情况	包括：装载形式（汽车、火车、船舶）、装载方式（液下装载、底部装载、喷溅式装载）、装车鹤位、装载物料、年装载量、密封形式（密封式快速接头、平衡式密封罩、橡胶密封帽及其它形式）、油气回收设施（套数、规模、工艺、效率）等。
装车设施检查结果分析	从装载方式、密封形式、油气回收设施、企业日常维修、监测、管理及相关记录等方面，分析企业装车设施的现状情况和控制、管理水平。
装载过程 VOCs 排放估算结果及评估	根据装卸 VOCs 污染源排查工作指南，XX 公司对企业装卸设施进行 VOCs 污染源排查工作。 本企业主要采用 XX 的装载形式进行物料运输，共设有 XX 个装车鹤位，主要装载物料包括 XX，XXXX 年的装载量分别为 XX 10t，针对装载过程共设置 XX 套油气回收设施。 设置油气回收设施时，首先核算油气回收设施效率为 XX%（收集效率、处理效率、投用效率、总效率）；然后依据《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》估算本企业 XX 年度装载过程 VOCs 排放量为 XX t。
装载过程 VOCs 损耗量削减潜力分析	达标性分析： 达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内平均水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内先进水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a
备注	其它需要说明的排查结果。

五、废水集输、储存、处理处置过程逸散 VOCs 污染源排 查

（一）排查范围

石化废水按存在状态可分为水相和油相两类，水相和浮油等油相中均含 VOCs，当废水与大气直接接触时，废水中 VOCs 将逸散至大气中。而废水收集和处理系统普遍存在废水与大气直接接触场景；对于已建废气收集和处理设施的废水设施，也应调查其 VOCs 控制效率。因此，整个石化废水收集和处理系统均属于 VOCs 排查范围。

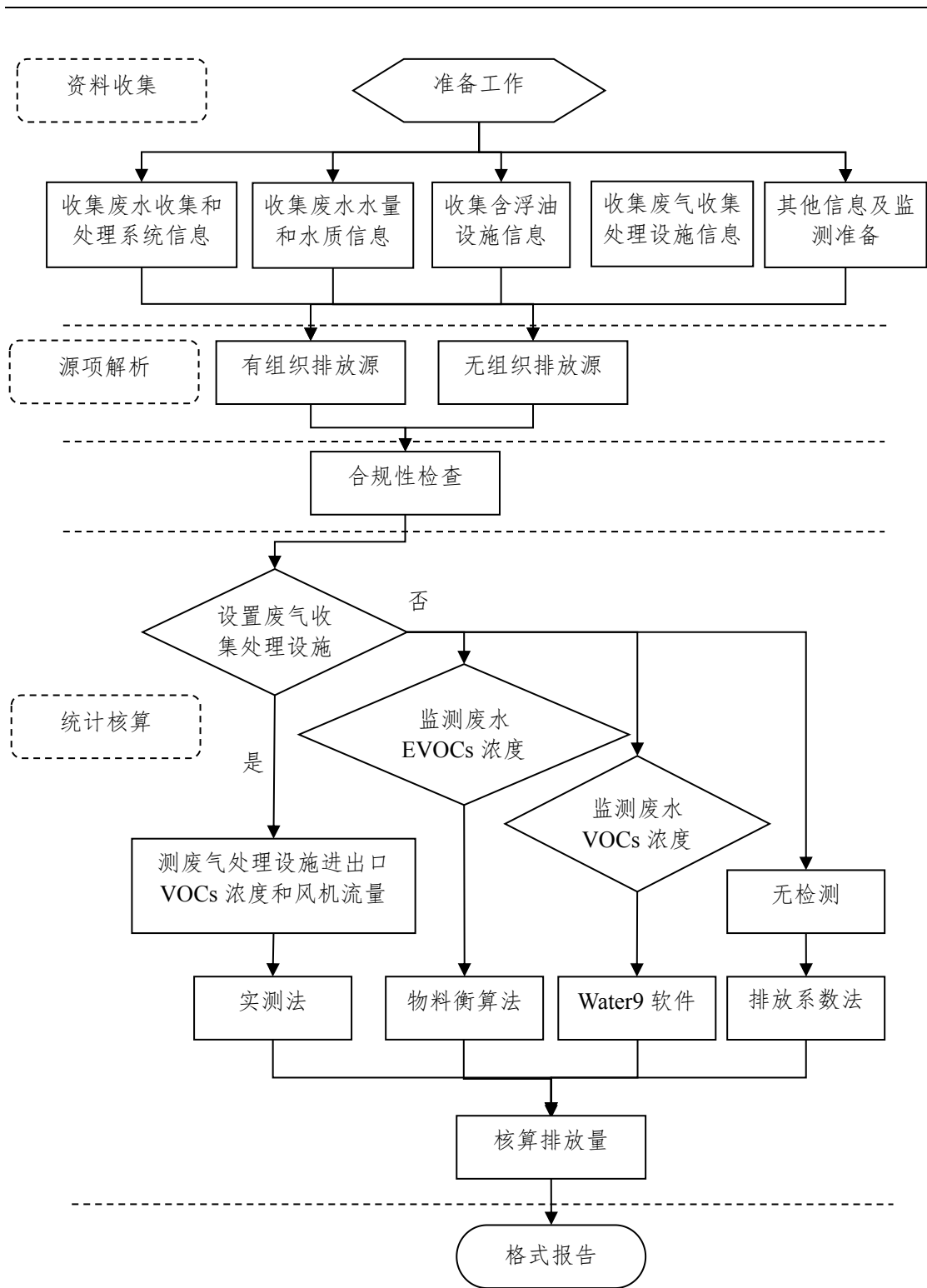
石化废水收集系统通常包括排水口、收集井、隔油井、水封井、检查井、排水管道、集水井及泵站等；处理系统通常包括调节罐或均质池、隔油池、气浮池、生化处理池和澄清池等，如图四-7。



图四-7 石化厂典型废水收集和处理系统流程示意图

（二）排查工作流程

废水集输、储存、处理处置过程逸散排查工作流程包括资料收集、源项解析、合规性检查、统计核算、格式上报五部分，具体工作流程见图四-8。



图四-8 工作流程图

(三) 排查方法

1. 资料收集

废水集输、储存、处理处置过程逸散 VOCs 污染源排查收集的技术资料主要包括废水收集系统、废水处理设施、废水水量和水质、含浮油设施、废气收集处理设施等相关信息。

(1) 废水收集系统

根据厂区排水平面图，统计废水收集系统检查井、水封井、隔油井等数量及相应 VOCs 受控情况（采取密闭措施的情况），统计各类排水管道长度和尺寸，包括明渠、暗渠和埋地管道等。

(2) 废水处理设施

根据废水处理设施初步设计说明书、施工图或其它工程资料，统计废水处理设施各构筑物尺寸、有效水深等。

(3) 废水水量和水质

统计各工艺装置排水水量和水质数据，包括水量、水温、COD、石油类、SS、TDS、总有机碳等，宜取得年日均值。如无常规监测，应至少获得 5 次监测数据，取平均值用于 VOCs 计算。

(4) 含浮油设施

废水集输、储存、处理处置过程中含浮油设施主要含浮油的集水井、废水储罐、隔油池、气浮池，应根据本指南储存设施 VOCs 排放量估算方法，排查统计相关参数。

(5) 废气收集处理设施

根据废水收集和处理设施的废气收集处理设施监测结果，统计废气气量和处理设施进出气 VOCs 浓度，宜取得年均值；如无常规监测，应至少获得 5 次监测数据，取平均值用于 VOCs 计算。

2.源项分析

(1) 排放方式分类

废水集输、储存、处理处置过程逸散按照排放方式可分为无组织排放源和有组织排放源。收集系统中排水明渠、未密闭的检查井、隔油井、集水井等，处理设施中未密闭的各类废水储罐（调节池或均质池）、隔油池、气浮池、生物池和澄清池等，均为无组织排放源；设施加盖后，废气收集处理，经排气筒达标排放，为有组织排放源。

(2) 逸散源分类

无组织排放源又可分为水相 VOCs 逸散源、水油两相 VOCs 逸散源。未密闭的生化池、澄清池等为水相 VOCs 逸散源，未密闭的含浮油集水井、废水储罐、隔油池、气浮池等均为水油两相 VOCs 逸散源。

3.合规性检查

废水集输、储存、处理处置过程逸散 VOCs 污染源排查过程的合规性检查是指企业废水集输、储存、处理处置过程 VOCs 排放与国家、地方环保法规、标准是否一致。检查内容详见附录五.1。

4.现场监测

根据现场实际情况，如加盖并设废气处理设施的废水收集和处理系统，根据 HJ/T 397，测定废气处理设施出口废气流量和 VOCs 浓度；如未设置废气处理设施或废气处理设施排气未监测，测定废水收集或处理设施进、出水中的 EVOCS 浓度。现场监测内容见附录五.2。

5.统计核算

废水收集及处理系统 VOCs 定量估算方法主要包括实测法、物料衡算法、模型计算法、排放系数法等，详见附录五.3。

(1) 实测及物料衡算法

根据实际收集或监测数据进行核算，核算原理基于物料平衡，即对于设有废气回收处理装置的废水处理系统，其排放量优先采用实测法获得。需要的基础数据包括 VOCs 浓度和废气流量。

(2) 模型计算法

采用美国环保署（EPA）发布的 WATER9 软件估算。

(3) 排放系数法

若估算时缺少必要参数，废水收集及处理系统可采用给定的排放系数进行 VOCs 排放量的估算。需要的基础数据是废水处理量。

(四) 排查报告

企业排查工作完成后，需形成排查报告，见表四-5。

表四-5 污水排放 VOCs 格式报告表

排查项目	企业废水收集和处理系统 VOCs 污染源排查
排查单位	XX 公司
监测实施单位	XX 公司
报告编制单位	XX 公司
排查时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
监测时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
废水收集和处理系统基本情况（填写模板）	本企业有 XX 套废水处理系统；废水收集系统检查井数量和受控数量分别为 XX 个、XX 个，集水井数量和受控数量分别为 XX 个、XX 个，各股来水的名称和流量分别为 XXX，XXm ³ /h；废水处理系统处理工艺流程为 XXX，处理量为 XXm ³ /h。 废水处理系统现有 VOCs 末端处理设施 XX 套，主要收集 XXX 构筑物，处理工艺为 XX，装置规模各为 XX m ³ /h。
废水收集和处理系统 VOCs 排放估算结果及评估（填写模板）	选用方法： <input type="checkbox"/> 实测法 <input type="checkbox"/> 物料衡算法 <input type="checkbox"/> 模型计算法 <input type="checkbox"/> 排放系数法 实测记录是否符合要求： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 检测报告、检测记录值与计算时所用数据： <input type="checkbox"/> 一致 <input type="checkbox"/> 不一致 核算过程： <input type="checkbox"/> 正确 <input type="checkbox"/> 不正确 估算本企业 XX 年度废水收集和处理系统 VOCs 排放量约为 XX t。
废水收集和处理系统 VOCs 逸散量削减潜力分析	达标性分析：达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内平均水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a 国内先进水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/> ，削减潜力：XX t/a
备注	其它需要说明的排查结果

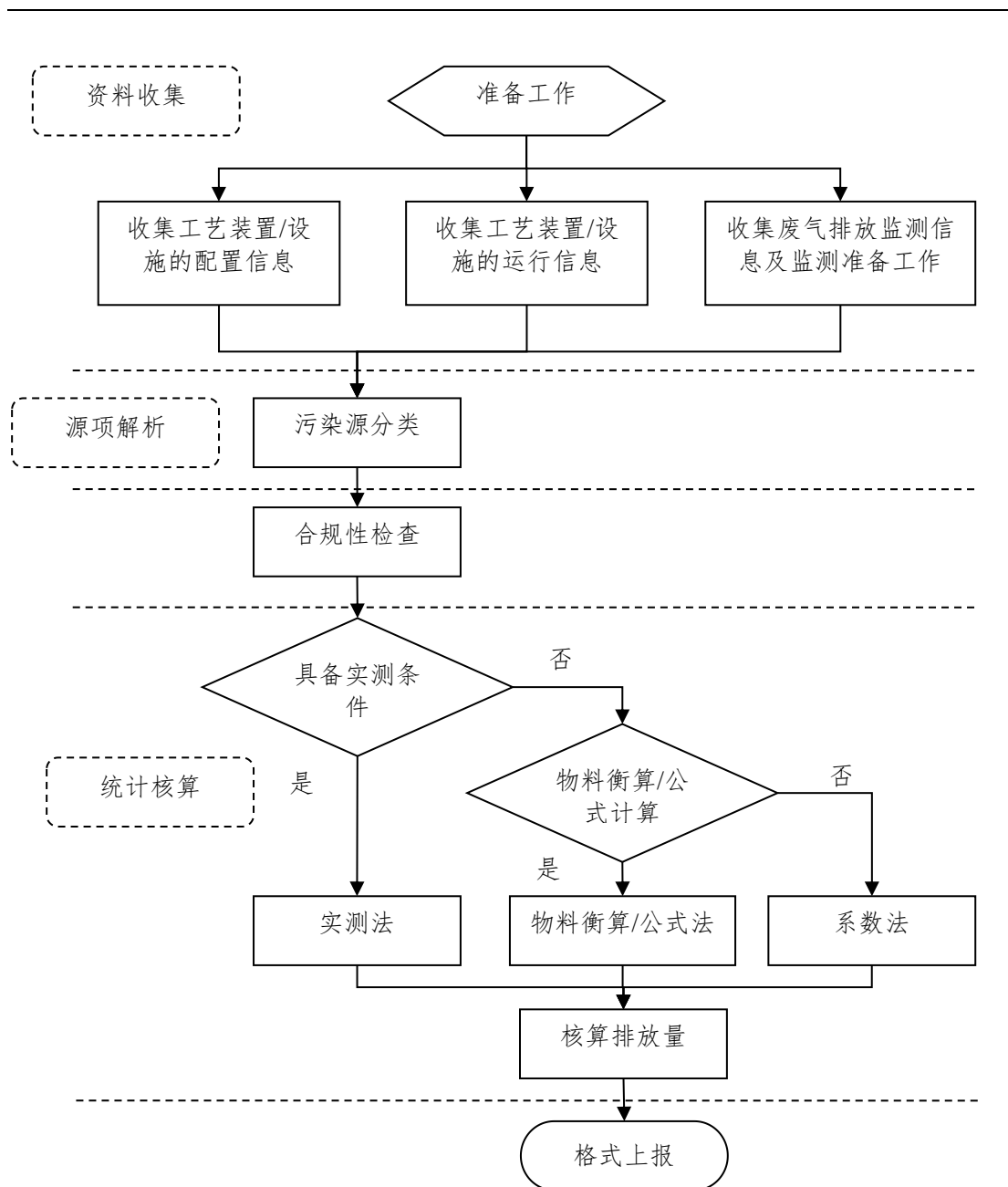
六、其他源项 VOCs 污染源排查

（一）排查范围

排查范围包括企业在役的工艺装置、动力站及自备热电站、火炬设施、循环水场等环节的 VOCs 污染源，包括：燃烧烟气排放、工艺有组织排放、火炬排放、工艺无组织排放、非正常工况（含开停工及维修）排放、冷却塔及循环水冷却系统释放。

（二）排查工作流程

其它源项排查工作流程包括资料收集、源项解析、合规性检查、统计核算、格式上报五部分，具体工作流程见图四-9。



图四-9 其它源项排查工作流程

(三) 排查方法

1. 资料收集

其它源项 VOCs 污染源排查收集的技术资料主要包括工艺装置/设施的配置信息、运行信息、环境保护监测等相关信息。

(1) 工艺装置/设施的配置信息

工艺装置/设施的配置信息主要包括工艺装置的配置、设计规模、加工过程或生产方法、环保设施配置、开停工或运行状态；动力站或自备电站的配置、设计规模、开停工或运行状态；火炬及循环水场的配置、设计规模、服务范围、开停工或运行状态。

(2) 工艺装置/设施的运行信息

工艺装置/设施的运行信息主要包括加工或运行负荷；燃烧烟气排放源使用的燃料种类、燃料消耗量；装置开停工、检维修设备的泄压、清洗、吹扫操作流程；装置设备超压气体泄放及火炬燃烧运行记录；循环水场循环水水质监测数据。

(3) 环境保护监测信息

环境保护监测信息主要包括烟气或工艺废气的流量、烟气排放参数、污染物浓度；环保治理设施进出口污染物浓度、处理效率。

2.源项分析

按照燃烧烟气排放、工艺有组织排放、工艺无组织排放、非正常工况（含开停工及检修）排放、火炬排放、冷却塔及循环水冷却系统释放等六大类进行分类排查。

(1) 固定燃烧源烟气

某些工艺装置通常使用各类加热炉，如反应炉、转化炉、裂解炉分馏炉和重沸炉等。加热炉主要使用炼厂燃料气，部分使用天然气和燃料油；转化炉和裂解炉属于反应炉，同样需要用燃料来提供热量，这些工艺炉的烟气中均有少量未燃烧及燃烧过程产生的 VOCs。

动力站锅炉使用的燃料种类主要包括：煤、石油焦等固体燃料；燃料油、渣油等液体燃料；天然气、炼厂燃料气等气体燃料。

设有自备热电站的企业，使用内燃机发电时，燃料一般采用天然气、汽油或柴油；使用燃气轮机发电时，燃料一般采用天然气或炼油厂燃料气。在该过程中，燃料燃烧烟气中都均有少量未燃烧及燃烧过程产生的 VOCs。

(2) 工艺有组织排放

催化裂化及催化重整装置的催化剂烧焦过程、硫磺回收 Claus 尾气焚烧、延迟焦化切焦前泄压操作以及合成树脂、合成橡胶等化工装置反应过程中未反应的物料、产品分离及干燥过程通过 15 米以上排放口排放的工艺尾气等，均有 VOCs 排放，属于工艺有组织排放。

(3) 工艺无组织排放

延迟焦化装置在冷焦、切焦过程中，保留在焦孔内部的 VOCs 被释放入大气，属于工艺无组织排放。

(4) 非正常工况（含开停工及检修）排放

在开、停车过程中，工艺操作属于非正常状态。开车过程中，反应器温度可能不满足发生反应的需要，或工艺物料流量低于正常操作条件。在这些情况下，正常不排气的工艺过程可能会有大量的排放。此外，在停车过程中，工艺容器需要泄压和吹扫，亦排放 VOCs。

(5) 火炬排放

火炬气通过焚烧可去除大部分的可燃物质，但其排放废气中仍包括未完全燃烧的碳氢化合物。

(6) 循环水冷却冷却塔、循环水冷却系统释放

当工艺装置内换热器或冷凝器发生泄漏时，含 VOCs 的工艺物料通过换热器裂缝从高压侧泄漏并污染冷却水。由于循环水冷却塔的汽提作用和风吹逸散，VOCs 会从冷却水中排入大气。

3.合规性检查

其它源项 VOCs 污染源排查过程的合规性检查是指企业的 VOCs 排放与国家、地方环保法规、标准是否一致。

4.现场监测

(1) 有组织排放源

燃烧烟气和工艺有组织废气推荐采用实测法进行 VOCs 污染源排放强度的排查。已经开展 VOCs 日常监测的企业要复核相关数据的完整性和有效性，没有开展 VOCs 日常监测的企业，在有条件时尽量安排进行现场补测，并制定监测计划。排气筒废气主要参考 HJ/T 38 等相关技术文件。

(2) 冷却塔、循环水冷却系统

当采用汽提废气监测法时，使用汽提塔汽提，监测方法采用美国 EPA 的 TO-14A、TO-15、方法 18 或气相色谱/离子火焰检测器法 (GC/FID)。采用物料衡算法时，监测方法可参考 HJ 493、HJ 501、HJ 686 等相关技术文件。

5.统计核算

其它源项 VOCs 估算方法主要包括实测法、物料衡算法、公式法和排放系数法。企业应优先使用实测法进行 VOCs 排放量估算，当缺少实测数据时，可通过物料衡算法、公式法进行估算，若以上方法均无法计算时，可使用排放系数法。

表四-6 为各类污染源 VOCs 排放估算方法汇总表列出了每类污染源可选用的 VOCs 排放量估算方法以及每种方法所需要的基础数据或信息，详见附录六.1。所需要的基础数据或信息分为三类：装置/设施的运行数据或信息、污染物排放的监测数据或特殊方法的检测

数据、基于运行参数或设备型式的 VOCs 排放系数。具体计算方法详见附录六.2，系数取值详见附录六.3。

表四-6 各类污染源 VOCs 排放估算方法汇总表

序号	污染源类别	估算方法排序	需要的数据/信息		
			运行信息	监测或分析数据	VOCs 排放系数
1	燃烧烟气排放	实测法	运行时间	烟气流量、温度、压力、含水量、VOCs 浓度	
		排放系数法	燃料消耗量、运行时间		基于燃料消耗的 VOCs 排放系数
2	工艺有组织排放	实测法	运行时间	烟气流量、温度、压力、含水量、VOCs 浓度、	
		物料衡算法	物料流量、组成、转化率等		
		排放系数法	延迟焦化装置循环次数、运行时间		基于焦炭塔配置和循环次数的 VOCs 排放系数
3	火炬排放	物料衡算法	组成、火炬燃烧效率、运行次数或时间	送入火炬的气体的流量、含水量、温度、压力、	
		热值系数法	送入火炬的气体的流量、含水量、温度、压力、组成、低热值、运行次数或时间		基于火炬气热值的 VOCs 排放系数
		工程估算法	各装置安全阀泄放量速率、时间、泄放次数、气柜回收量、火炬燃烧效率		
4	工艺无组织排放	排放系数法	延迟焦化装置进料量、运行时间		基于装置进料量的 VOC 排放系数
5	非正常工况（含开停工及检修）排放	公式法	气体容器：泄压气体组成、排入大气时容器的表压、温度、容器的体积、容器的体积空置分数、		
			液体容器：容器的体积、容器的体积空置分数、液体薄层占容器内液体体积的百分数、液体的密度、液体薄层被吹扫至火炬的质量百分数		
6	冷却	汽提度	循环水流量、汽提	循环水密度、测	

序号	污染源类别	估算方法排序	需要的数据/信息		
			运行信息	监测或分析数据	VOCs 排放系数
	塔、循环水系统释放	气监测法	塔的水流量、汽提空气流量、汽提塔的压力、温度、冷却水流循环速率、运行时间	量汽提空气中物种的 VOCs 浓度	
		物料衡算法	循环水流量、运行时间	冷却塔入口、出口水中 EVOCs 的浓度	
		排放系数法	循环水流量、运行时间		基于循环水冷却塔通风型式的 VOCs 排放系数

(四) 排查报告

排查工作完成后，需形成排查报告，见表四-7。

表四-7 其它源项 VOCs 污染源排查报告表

排查项目	企业其它源项 VOCs 污染源排查
排查单位	XX 公司
监测实施单位	XX 公司
报告编制单位	XX 公司
排查时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
监测时间	XXXX 年 XX 月 XX 日
工艺装置、动力站或自备电站、火炬、循环水场基本情况(填写模板)	<p>目前，本企业一次原油加工能力为 XX 10⁴t/a，乙烯能力 XX 10⁴t/a。</p> <p>在役工艺装置数量，装置规模，采用的工艺技术，燃料种类及消耗量；废气处理设施数量，规模，采用的工艺技术，处理效率。</p> <p>动力站数量，规模，燃料种类及消耗量。</p> <p>火炬数量，规模，服务范围。</p> <p>循环水场数量，规模，服务范围。</p>
其它源项 VOCs 排放估算结果及评估(填写模板)	<p>根据其它源项 VOCs 污染源排查工作指南，XX 公司对企业工艺装置、动力站、火炬、循环水场进行 VOCs 污染源排查工作。</p> <p>依据《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》估算本企业 XX 年度其它源项 VOCs 排放量约为 XX t。</p>
其它源项 VOCs 排放削减潜力分析	<p>达标性分析： 达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/>，削减潜力：XX t/a</p> <p>国内平均水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/>，削减潜力：XX t/a</p> <p>国内先进水平：已满足 <input type="checkbox"/> 未满足 <input type="checkbox"/>，削减潜力：XX t/a</p>
备注	其它需要说明的排查结果

七、VOCs 污染源排查总报告

企业完成各源项 VOCs 污染源排查工作后，需完成排查总报告，并将各源项排查报告以附件形式共同上报。

表四-8VOCs 污染源排查总报告

排查项目	企业 VOCs 污染源排查		
排查单位	XX 公司		
检（监）测实施单位	XX 公司		
报告编制单位	XX 公司		
排查起始日期	年 月 日	排查截止日期	年 月 日
检（监）测起始日期	年 月 日	监测截止日期	年 月 日
评估环节	总排放量 (t/a)	削减潜力分析结论	
设备泄漏			
储存调和			
装卸			
废水收集和处理系统			
其它源项			
总计			
备注	其它需要说明的排查结果		

注：对于表四-8 相关其它信息详见各源项的排查报告。

附录

一、序言相关附录

附表一 工业常见 VOCs 物理特性

CAS 号	英文名	化学品	沸点 (°C)	蒸汽压 (20°C), kPa	VOCs
71-55-6	1,1,1-trichloroethane	1,1,1-三氯乙烷	74.0	13.05556	√
79-00-5	1,1,2-trichloroethane	1,1,2-三氯乙烷	113.7	2.35198	√
87-61-6	1,2,3-Trichlorobenzene	1,2,3-三氯苯	218-219	0.03263	√
107-06-2	1,2-dichloroethane (EDC)	1,2-二氯乙烷	83.4	8.21995	√
122-66-7	1,2-Diphenylhydrazine	1,2-二苯肼	229	0.0000454	√
106-99-0	1,3-Butadiene	1,3-丁二烯	-4.5	238.83378	√
123-91-1	1,4-Diethyleneoxide	1,4 二恶烷	131.7	3.90594	√
540-84-1	2,2,4-Trimethylpentane	2,2,4-三甲基戊烷	99.238	5.10768	√
79-46-9	2-Nitropropane	2-硝基丙烷	119-122	1.73222	√
83-32-9	Acenaphthene	茈	231.2	0.0012	√
75-07-0	Acetaldehyde	乙醛	20.4	99.15672	√
60-35-5	Acetamide	乙酰胺	221.15	0.00404	√
75-05-8	Acetonitrile	乙腈	81.6	9.56853	√
98-86-2	Acetophenone	苯乙酮	201.7	0.03592	√
107-02-8	Acrolein	丙烯醛	53	29.48554	√
79-06-1	Acrylamide	丙烯酰胺	231.7	0.000166	√
79-10-7	Acrylic acid	丙烯酸	116.4	0.37208	√
107-13-1	Acrylonitrile	丙烯腈	77.3	11.44711	√
107-05-1	Allyl chloride	3-氯丙烯	41.6	40.22601	√
62-53-3	Aniline	苯胺	184.3	0.04274	√
71-43-2	Benzene	苯	80.1	9.94523	√
98-07-7	Benzotrichloride	三氯化苄	219-223	0.04376	√
100-44-7	Benzylchloride	苄基氯	179.4	0.1231	√
92-52-4	Biphenyl	联苯	255.2	0.00169	√
542-88-1	Bis(chloromethyl)ether	双氯甲醚	182.4	2.95124	√
75-25-2	Bromoform	三溴甲烷	149	0.53824	√
75-15-0	Carbon disulfide	二硫化碳	46.2	39.23787	√
56-23-5	Carbon tetrachloride	四氯化碳	76.5	12.0578	√
79-11-8	Chloroacetic acid	一氯乙酸	189	0.01858	√
108-90-7	Chlorobenzene	氯苯	131.7	1.1979	√
67-66-3	Chloroform	三氯甲烷	61.1	19.41634	√
126-99-8	Chloroprene	2-氯-1,3-丁二烯	59.1	23.49998	√
108-39-4	Cresol and cresylic acid (m-)	间-甲酚	202.2	0.01422	√
106-44-5	Cresol and cresylic acid (p)	对-甲酚	201.9	0.00825	√
98-82-8	Cumene	异丙基苯	152.392	0.43612	√

CAS 号	英文名	化学品	沸点 (°C)	蒸汽压 (20°C), kPa	VOCs
77-78-1	Dimethyl sulfate	硫酸二甲酯	188	0.06177	√
106-89-8	Epichlorohydrin (1-Chloro-2,3-epoxypropane)	环氧氯丙烷	116.1	1.65543	√
140-88-5	Ethyl acrylate	丙烯酸乙酯	100	3.90983	√
100-41-4	Ethyl benzene	乙苯	136.186	0.95087	√
75-00-3	Ethylchloride	氯乙烷	12.2	133.70804	√
106-93-4	Ethylene dibromide	1,2-二溴乙烷	130.2	1.34605	√
107-21-1	Ethylene glycol	乙二醇	197.2	0.00757	√
75-21-8	Ethylene oxide	环氧乙烷	10.3	145.67257	√
75-34-3	Ethylidene dichloride (1,1-Dichloroethane)	亚乙基二氯(1,1-二氯乙烷)	183.70	24.28818	√
50-00-0	Formaldehyde	甲醛	-19.5	440.03799	√
87-68-3	Hexachlorobutadiene	六氯丁二烯	231	0.01961	√
67-72-1	Hexachloroethane	六氯乙烷	185.6	0.06194	√
110-54-3	Hexane	正己烷	121.24	16.21488	√
78-59-1	Isophorone	异佛尔酮	215.2	0.04088	√
108-31-6	Maleic anhydride	马来酸酐	119.3	0.03364	√
67-56-1	Methanol	甲醇	64.6	12.75804	√
78-93-3	Methyl ethyl ketone (2-Butanone)	甲乙酮(2-丁酮)	202	9.97024	√
108-10-1	Methyl isobutyl ketone (Hexone)	甲基异丁基酮	94.2	1.96695	√
624-83-9	Methyl isocyanate	基异氰酸盐	35	49.7475	√
80-62-6	Methyl methacrylate	甲基丙烯酸甲酯	100.3	3.91544	√
1634-04-4	Methyl tert-butyl ether	甲基叔丁基醚	55.2	26.76856	√
74-83-9	Methylbromide (Bromomethane)	溴甲烷	3.5	183.47429	√
74-87-3	Methylchloride (Chloromethane)	氯甲烷	-24.3	492.69151	√
75-09-2	Methylene chloride (Dichloromethane)	二氯甲烷	39.8	46.73569	√
121-69-7	N,N-dimethylaniline	N,N-二甲基苯胺	193.5	0.0662	√
68-12-2	N,N-dimethylformamide	N,N-二甲基甲酰胺	153	0.37203	√
98-95-3	Nitrobenzene	硝基苯	210.6	0.02217	√
95-48-7	o-Cresol and cresylic acid	邻甲酚	191	0.02587	√
95-47-6	o-xylene	邻二甲苯	144.411	0.64714	√
106-46-7	p-Dichlorobenzene	对-二氯苯	174.1	0.1664	√
127-18-4	Perchloroethylene	四氯乙烯	121.1	1.87084	√
108-95-2	Phenol	苯酚	181.8	0.04745	√
75-44-5	Phosgene	氯代甲酰氯	8.2	158.37642	√
106-50-3	p-Phenylenediamine	对苯二胺	267.4	0.00034	√
57-57-8	Propiolactone (beta-)	β-丙内酯	162	0.15843	√
123-38-6	Propionaldehyde	丙醛	47.93	34.00301	√
78-87-5	Propylene dichloride	1,2-二氯丙烷	96.3	16.72319	√
75-56-9	Propylene oxide	环氧丙烷	34.3	58.0309	√

CAS 号	英文名	化学品	沸点 (°C)	蒸汽压 (20°C), kPa	VOCs
106-42-3	p-xylenes	对二甲苯	138.351	0.87456	√
100-42-5	Styrene	苯乙烯	145.14	0.59225	√
79-34-5	Tetrachloroethanes	1,1,2,2-四氯乙烷	146.20	0.43603	√
108-88-3	Toluene	甲苯	110.625	2.88793	√
79-01-6	Trichloroethylene	三氯乙烯	87.2	7.68874	√
121-44-8	Triethylamine	三乙胺	89.5	7.12531	√
108-05-4	Vinyl acetate	醋酸乙烯酯	73	11.93288	√
75-01-4	Vinyl chloride	氯乙烯	-13.4	339.70176	√
76-13-1	1,1,2-Trichlorotrifluoroethane	氟利昂-113	47.5	35.85615	√
96-18-4	1,2,3-trichloropropane	1,2,3-三氯丙烷	156.8	0.35531	√
120-82-1	1,2,4-Trichlorobenzene	1,2,4-三氯苯	211.4	0.04043	√
108-70-3	1,3,5-Trichlorobenzene	1,3,5-三氯苯	211.3	0.04992	√
107-88-0	1,3-butylene glycol	1,3-丁二醇	207	0.00153	√
106-98-9	1-butene	正丁烯	-6.26	255.85848	√
109-67-1	1-pentene	1-戊烯	29.968	70.78329	√
104-76-7	2-ethylhexanol	2-乙基己醇	184.6	0.01054	√
2807-30-9	2-propoxy-ethano	乙二醇单丙醚	258.2	0.29459	√
105-57-7	Acetal	1,1-二乙氧基乙烷	103.6	2.73241	√
64-19-7	Acetic acid	乙酸	117.9	1.55941	√
108-24-7	Acetic anhydride	乙酸酐	139	0.33042	√
67-64-1	Acetone	丙酮	56.2	24.39056	√
75-86-5	Acetone cyanohydrin	丙酮氰醇	167.3	0.10477	√
75-36-5	Acetyl chloride	乙酰氯	51	30.79348	√
74-86-2	Acetylene	乙炔	-84.0	4328.14193	√
107-18-6	Allyl alcohol	丙烯醇	54.3	2.53719	√
98-83-9	a-methylstyrene	α-甲基苯乙烯	165-169	0.25244	√
111-41-1	Aminoethylethanolamine	羟乙基乙二胺	215.98	0.00011	√
628-63-7	amyl acetate	乙酸戊酯	149.2	0.33072	√
110-58-7	Amyl amine	1-氨基戊烷	105.5	3.01855	√
543-59-9	Amyl chloride	1-氯戊烷	107-108	3.35658	√
100-66-3	Anisole	苯甲醚	153.6	0.34488	√
100-52-7	Benzaldehyde	苯甲醛	178.7	0.11026	√
65-85-0	Benzoic acid	苯甲酸	250	0.000358	√
100-47-0	Benzonitrile	苯甲腈	191	0.07142	√
100-51-6	Benzyl alcohol	苯甲醇	204.699	0.00666	√
98-87-3	Benzyl dichloride	二氯苄	214	0.04822	√
100-46-9	Benzylamine	苄胺	185	0.05932	√
108-99-6	b-picoline	3-甲基吡啶	143.5	0.58767	√
107-92-6	Butyric acid	丁酸	163.27	0.08498	√
106-31-0	Butyric anhydride	丁酸酐	198.3	0.02427	√
109-74-0	Butyronitrile	丁腈	118	1.9592	√
105-60-2	Caprolactam	己内酰胺	180	0.0005	√

CAS 号	英文名	化学品	沸点 (°C)	蒸汽压 (20°C), kPa	VOCs
558-13-4	Carbon tetrabromide	四溴化碳	181.2	0.08565	√
75-45-6	Chlorodifluoroethane	一氯二氟甲烷	-40.8	893.92881	√
75-72-9	Chlorotrifluoromethane	氯三氟甲烷	26.8	3178.60849	√
80-15-9	Cumene hydroperoxide	过氧化羟基异丙苯	253.7	0.000349	√
506-77-4	Cyanogen chloride	氯化氰	13.8	134.56155	√
110-82-7	Cyclohexane	环己烷	80.738	10.36719	√
108-93-0	Cyclohexanol	环己醇	159.6	0.06546	√
108-94-1	Cyclohexanone	环己酮	155.6	0.34504	√
110-83-8	Cyclohexene	环己烯	82.979	9.2956	√
108-91-8	Cyclohexylamine	环己胺	134.5	0.9908	√
111-78-4	Cyclooctadiene	1,5-环辛二烯	125	0.47923	√
112-30-1	Decanol	1-癸醇	230	0.000622	√
123-42-2	Diacetone alcohol	甲基戊酮醇	168.1	0.16233	√
75-71-8	Dichlorodifluoromethane	氟里昂-12	-29.8	560.90507	√
101-83-7	Dicyclohexylamine	二环己胺	256.1	0.00282	√
111-46-6	Diethylene glycol	二甘醇	246	0.000439	√
112-36-7	Diethylene glycol diethyl ether	乙二醇二乙醚	190.2	0.0473	√
111-96-6	Diethylene glycol dimethyl ether	乙二醇二甲醚	159.8	0.28195	√
112-15-2	Diethylene glycol monoethyl ether	乙二醇一甲醚	221.8	0.01314	√
112-15-2	Diethylene glycol monoethyl ether	乙二醇一甲醚	162.7	0.01314	√
111-77-3	Diethylene glycol monomethyl	乙二醇单甲醚	226.927	0.01484	√
75-37-6	Difluoroethane	1,1-二氟乙烷	-25	563.10162	√
674-82-8	Diketene	二乙烯酮	106.6	1.05546	√
75-18-3	Dimethyl sulfide	二甲基硫	38	53.48809	√
67-68-5	Dimethyl sulfoxide	二甲基亚砷	189.0	0.05654	√
101-84-8	Diphenyl oxide	二苯醚	258	0.00375	√
25265-71-8	Dipropylene glycol	一缩二丙二醇	230.5	0.00272	√
64-17-5	Ethanol	乙醇	78.3	5.83029	√
60-29-7	Ether	乙醚	34.48	0.00058	√
141-78-6	Ethyl acetate	乙酸乙酯	73.9	9.63217	√
141-97-9	Ethyl acetoacetate	乙酰乙酸乙酯	236.3	0.07187	√
74-96-4	Ethyl bromide	溴乙烷	38.3	51.0467	√
75-04-7	Ethylamine	乙胺	16.5	114.50122	√
105-56-6	Ethylcyanoacetate	氰乙酸乙酯	206.0	0.00505	√
74-85-1	Ethylene	乙烯	-103.71	6261.4156	√
107-07-3	Ethylene chlorohydrin	2-氯乙醇	128.6	0.69293	√
111-55-7	Ethylene glycol diacetate	乙二醇二乙酸酯	168	0.00568	√
110-71-4	Ethylene glycol dimethyl ether	乙二醇二甲醚	63	7.91643	√
111-15-9	Ethylene glycol monethyl ether	乙二醇乙醚醋酸酯	156.4	0.21771	√

CAS 号	英文名	化学品	沸点 (°C)	蒸汽压 (20°C), kPa	VOCs
111-76-2	Ethylene glycol monobutyl ether	乙二醇单丁醚	151.579	0.0776	√
110-80-5	Ethylene glycol monoethyl ether	乙二醇单乙醚	221	0.49968	√
109-86-4	Ethylene glycol monomethyl ether	乙二醇甲醚	124.6	0.85324	√
107-15-3	Ethylenediamine	乙二胺	117.2	1.16275	√
75-12-7	Formamide	甲酰胺	210.5	0.00495	√
64-18-6	Formic acid	甲酸	100.6	4.40266	√
98-01-1	Furfural	糠醛	161.8	0.20858	√
56-81-5	Glycerol	甘油	98.3	0.0000117	√
629-11-8	Hexamethylene glycol	1,6-己二醇	239.7	0.0000701	√
124-09-4	Hexamethylenediamine	1,6-己二胺	226.4	0.01	√
74-90-8	Hydrogen cyanide	氰化氢	25.7	81.25118	√
123-92-2	Isoamyl acetate	乙酸异戊酯	142.0	0.51023	√
78-83-1	Isobutanol	异丁醇	107.8	0.94781	√
110-19-0	Isobutyl acetate	乙酸异丁酯	116.8	1.76652	√
115-11-7	Isobutylene	异丁烯	-6.9	262.09558	√
78-84-2	Isobutyraldehyde	异丁醛	67.1	18.2992	√
79-31-2	Isobutyric acid	异丁酸	154.7	0.16734	√
25339-17-7	Isodecanol	异癸醇	213.4	0.00162	√
78-78-4	Isopentane	2-甲基丁烷	30	76.21833	√
78-79-5	Isoprene	异戊二烯	34	60.57473	√
67-63-0	Isopropanol	异丙醇	82.2	4.40922	√
108-21-4	Isopropyl acetate	乙酸异丙酯	88.2	6.19908	√
75-29-6	Isopropyl chloride	2-氯丙烷	35-36	58.49557	√
75-31-0	Isopropylamine	异丙胺	48.6	62.68339	√
463-51-4	Ketene	乙烯酮	-56	1214.92762	√
108-42-9	m-chloroaniline	3-氯苯胺	227.8	0.00558	√
108-41-8	m-chlorotoluene	3-氯甲苯	161.6	0.3075	√
541-73-1	m-dichlorobenzene	1,3-二氯苯	173	0.20604	√
141-79-7	Mesityl oxide	4-甲基-3 戊烯 -2-酮	132.7	1.08548	√
79-41-4	Methacrylic acid	甲基丙烯酸	162~163	0.08781	√
563-47-3	Methallyl chloride	3-氯-2-甲基丙烯	72.5	11.23764	√
79-20-9	Methyl acetate	醋酸甲酯	56.9	22.64846	√
105-45-3	Methyl acetoacetate	乙酰乙酸甲酯	169.4	0.08073	√
107-31-3	Methyl formate	甲酸甲酯	31.7	63.43435	√
108-11-2	Methyl isobutyl carbinol	4-甲基-2-戊醇	133.5	0.48907	√
74-89-5	Methylamine	甲胺	-6.4	294.40228	√
108-87-2	Methylcyclohexane	甲基环己烷	100.934	4.75323	√
13952-84-6	Methylpropylamine	仲丁胺	62.9	18.8399	√
110-91-8	Morpholine	吗啡啉	128.9	0.98687	√
115-10-6	N,N-dimethyl ether	甲醚	-24.9	507.1446	√
71-41-0	n-Amyl alcohol	1-戊醇	137.8	0.21851	√
123-86-4	n-butyl acetate	乙酸丁酯	126.6	1.02221	√

CAS 号	英文名	化学品	沸点 (°C)	蒸汽压 (20°C), kPa	VOCs
141-32-2	n-butyl acrylate	丙烯酸丁酯	221.938	0.53083	√
71-36-3	n-butyl alcohol	正丁醇	117.7	0.64896	√
109-73-9	n-butylamine	正丁胺	77.4	9.45663	√
123-72-8	n-butyraldehyde	丁醛	77.6	11.62626	√
75-98-9	Neopentanoic acid	特戊酸	166.209	0.05274	√
79-24-3	Nitroethane	硝基乙烷	109.2	2.08165	√
75-52-5	Nitromethane	硝基甲烷	100-102	3.64013	√
100-61-8	n-methylaniline	N-甲基苯胺	200.4	0.04106	√
109-66-0	n-pentane	正戊烷	30.074	56.25946	√
71-23-8	n-propyl alcohol	正丙醇	97.2	1.97321	√
95-51-2	o-chloroaniline	邻氯苯胺	208.8	0.01767	√
88-73-3	o-chloronitrobenzene	邻氯硝基苯	245.5	0.00181	√
95-49-8	o-chlorotoluene	邻氯甲苯	159.5	0.33936	√
95-50-1	o-dichlorobenzene	1,2-二氯苯	180.4	0.12732	√
123-63-7	Paraldehyde	三聚乙醛	233.9	1.07252	√
106-47-8	p-chloroaniline	对氯苯胺	208.8	0.00635	√
100-00-5	p-chloronitrobenzene	对硝基氯苯	242	0.00233	√
106-43-4	p-chlorotoluene	对氯甲苯	162.2	0.26438	√
110-85-0	Piperazine	哌嗪	149.324	0.33013	√
156-43-4	p-phenetidine	对氨基苯乙醚	254	0.000849	√
79-09-4	Propionic acid	丙酸	140.83	0.34798	√
540-54-5	Propyl chloride	1-氯丙烷	46.6	37.18382	√
107-10-8	Propylamine	丙胺	48.6	32.79257	√
115-07-1	Propylene	丙烯	-47.7	1015.26819	√
57-55-6	Propylene glycol	1,2-丙二醇	187.3	0.01059	√
110-86-1	Pyridine	吡啶	115-116	2.08071	√
69-72-7	Salicylic acid	水杨酸	211	0.000101	√
78-92-2	s-butyl alcohol	仲丁醇	99.5	1.71978	√
110-15-6	Succinic acid	丁二酸	236.1	0.000000514	√
75-65-0	t-butyl alcohol	叔丁醇	82.4	3.97791	√
75-64-9	t-butylamine	叔丁胺	44.4	40.15476	√
119-64-2	Tetrahydronaphthalene	1,2,3,4-四氢萘	210.3	0.03325	√
584-84-9	Toluene-2,4-diisocyanate	甲苯-2, 4-二异氰酸酯	115-120	0.00108	√
75-69-4	Trichlorofluoromethane	三氯氟甲烷	26.8	88.84464	√
112-49-2	Triethylene glycol dimethyl ether	三乙二醇二乙醚	197.2	0.00328	√
75-50-3	Trimethylamine	三甲胺	2.9	182.22921	√
75-35-4	Vinylidene chloride	过氯乙烯	31.6	65.93858	√
86-57-7	1-Nitronaphthalene	1-硝基萘	—		
95-95-4	2,4,5-Trichlorophenol	2,4,5-三氯苯酚	—		
95-80-7	2,4-Toluene diamine	2,4-甲苯二胺	—		
81-16-3	2,l-Naphthylamine sulfonic acid	2-萘胺-1-磺酸	—		
532-27-4	2-Chloroacetophenone	2-氯苯乙酮	—		

CAS 号	英文名	化学品	沸点 (°C)	蒸汽压 (20°C), kPa	VOCs
101-77-9	4,4'-Methylenedianiline	4,4'-亚甲基二苯胺	—		
100-02-7	4-Nitrophenol	4-硝基苯酚	—		
72-48-0	Alizarin	1,2-二羟基蒽醌	—		
120-12-7	Anthracene	蒽	—		
84-65-1	Anthraquinone	蒽醌	—		
27497-51-4	Bromonaphthalene	溴萘	—		
218-01-9	Chrysene	1,2-苯并菲	—		
91-94-1	Dichlorobenzidine (3,3-)	3,3'-对二氯联苯	—		
111-44-4	Dichloroethylether (Bis(2chloroethyl)ether)	氯甲醚(二(2-氯乙基)醚)	—		
26952-23-8	Dichloropropene	二氯乙烯	—		
111-42-2	Diethanolamine (2,2'-Iminediethanol)	乙醇胺	—		
64-67-5	Diethyl sulfate	硫酸二乙酯	—		
131-11-3	Dimethyl phthalate	苯二甲酸二甲酯	—		
119-93-7	Dimethylbenzidine (3,3-)	3,3'-二甲基联苯胺	—		
57-14-7	Dimethylhydrazine	1,1-二甲基肼	—		
51-28-5	Dinitrophenol	2,4-二硝基苯酚	—		
25321-14-6	Dinitrotoluene	二硝基甲苯(混)	—		
206-44-0	Fluoranthene	荧蒽	—		
	Glycol ethers	乙二醇醚系列	—		
118-74-1	Hexachlorobenzene	六氯苯	—		
123-31-9	Hydroquinone	对苯二酚	—		
60-34-4	Methyl hydrazine	甲基联胺	—		
101-68-8	Methylene diphenyl diisocyanate(4,4'-) (MDI)	苯基甲烷二异氰酸酯	—		
120-18-3	Naphthalene sulfonic acid (p)	β -萘磺酸	—		
85-47-2	Naphthalene sulfonic acid (a)	α -萘磺酸	—		
90-15-3	Naphthol (a)	α -萘酚	—		
135-19-3	Naphthol (p)	β -萘酚	—		
567-18-0	Naphtholsulfonic acid (1-)	1-萘酚-2-磺酸	—		
134-32-7	Naphthylamine (1-)	1-萘胺	—		
91-59-8	Naphthylamine (2-)	2-萘胺	—		
84-86-6	Naphthylamine sulfonic acid (1,4-)	4-萘胺-1-磺酸	—		
90-04-0	O-Anisidine	邻-甲氧苯胺	—		
31055.00	Phenanthrene	菲	—		
85-44-9	Phthalic anhydride	苯酐	—		
129-00-0	Pyrene	芘	—		
106-51-4	Quinone	对苯醌	—		

二、设备动静密封点泄漏相关附录

(一) 附录二.1 资料收集

附表二-1 密封点检测台帐

作业部/厂	装置	区域	平台(层)	PID图号	设备位号/管线号	附加描述(位置/工艺描述)	密封群组编码	扩展号	密封点类型	公称直径(mm)	主要介质	介质状态	TOC含量(%)	甲烷含量(%)	VOCs含量(%)	是否豁免	豁免原因	是否可达	是否保温	生产厂家	设备/管线材质	密封材质	投用日期	操作温度	操作压力	年运行时间/h	未检测原因	净检测值(扣背景)(ppm)

(二) 附录二.2 合规性检查表

附表二-2 企业 LDAR 合规性检查表

企业全称			
加工能力	10 ⁴ t/a	年产能	10 ⁴ t/a
涉 VOCs 装置套数		豁免装置套数	
检查项目	检查结果	依据	备注
LDAR 进度	<input type="checkbox"/> 全部开展	<input type="checkbox"/> 所有涉 VOCs 装置完成已第一轮 LDAR, 完成排放量核算; <input type="checkbox"/> 所有涉 VOCs 装置已完成第多轮 LDAR, 完成排放量核算;	
	<input type="checkbox"/> 部分开展	<input type="checkbox"/> 部分 VOCs 装置已建立密封台账; <input type="checkbox"/> 部分 VOCs 装置完成检测 <input type="checkbox"/> 部分 VOCs 装置完成修复 <input type="checkbox"/> 部分 VOCs 装置完成排放量核算	可以多选
	<input type="checkbox"/> 未开展	<input type="checkbox"/> 尚无计划 <input type="checkbox"/> 有计划, 尚未开展。	

附表二-3 装置 LDAR 合规性检查表

装置名称			
装置加工能力	10 ⁴ t/a	装置年产能	10 ⁴ t/a
涉 VOCs 密封点数			
检查项目	检查结果	依据	备注
LDAR 进度	<input type="checkbox"/> 全部完成	<input type="checkbox"/> 所有涉 VOCs 密封点 LDAR 项目; <input type="checkbox"/> 已完成排放量计算	
	<input type="checkbox"/> 部分开展	<input type="checkbox"/> 已完成密封点检测台账建立 <input type="checkbox"/> 已完成现场检测, 未完成修复	
	<input type="checkbox"/> 未开展	<input type="checkbox"/> 尚无计划 <input type="checkbox"/> 计划 2015 年 6 月 30 日前开展 <input type="checkbox"/> 计划 2015 年 12 月 31 日前开展	
LDAR 制度建设	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 已建立 LDAR 相关质量管理手册 <input type="checkbox"/> 已建立 LDAR 相关程序文件 <input type="checkbox"/> 已建立 LDAR 相关作业文件	
	<input type="checkbox"/> 无	<input type="checkbox"/> 正在建立 LDAR 相关文件 <input type="checkbox"/> 尚无计划建立 LDAR 相关文件	
LDAR 的 QA/QC	<input type="checkbox"/> 实施	<input type="checkbox"/> 仪器经过检定且在有效期内 <input type="checkbox"/> 仪器经过校准和漂移核查 <input type="checkbox"/> 有校准气体且在有效期内	
	<input type="checkbox"/> 未实施	<input type="checkbox"/> 仪器未经检定 <input type="checkbox"/> 仪器未经校准和漂移核查 <input type="checkbox"/> 无校准气体	
排放量核算	<input type="checkbox"/> 已完成	<input type="checkbox"/> 相关方程法 <input type="checkbox"/> 筛选范围法 <input type="checkbox"/> 平均排放系数法 <input type="checkbox"/> 上述方法组合	

	<input type="checkbox"/> 未完成	<input type="checkbox"/> 数据不全 <input type="checkbox"/> 尚未开展排放量核算	
--	------------------------------	---	--

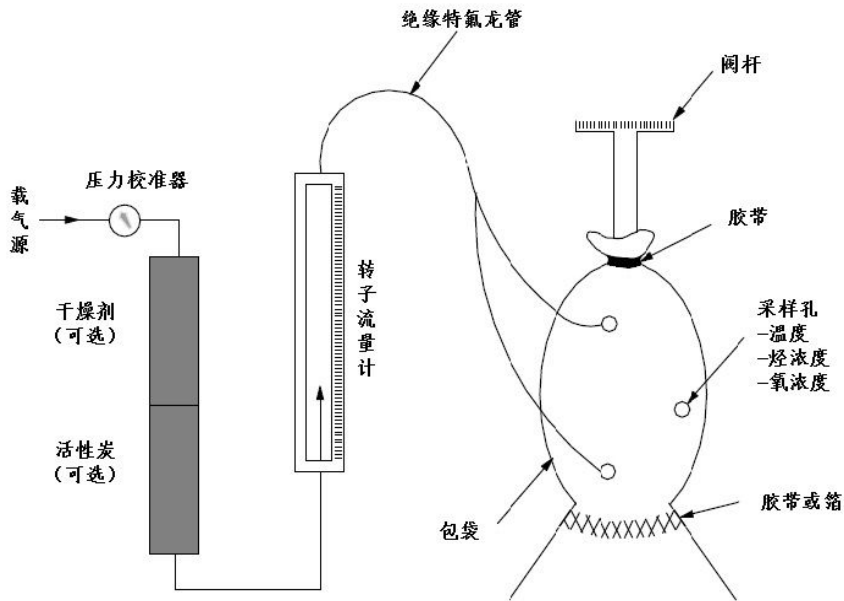
(三) 附录二.3 密封点排放速率核算方法

密封点排放速率核算方法主要包括实测法、相关性法、筛选范围法和平均排放系数法。

1. 实测法

对于已采用包袋法和大体积采样法进行实测的密封点，可根据实测情况确定该密封点的排放速率。

包袋法是将排放密封点或排放口用袋子包起来，让已知流量的惰性载气通入包袋，待载气达到平衡后，从包袋中收集气体样品测量 TOC 浓度，也可以针对气样中的单个化合物浓度进行分析，然后用测得的样品浓度和载气流量计算排放速率。大体积采样器采用真空设置，通过捕集密封点排放的所有物质来精确定量排放速率。它需要通过真空采样软管将密封点周围包括空气和排放物质的大体积样品吸入仪器，然后通过双烃类检测器，测量采集样品中烃类气体浓度和环境中的烃类气体浓度，用测量样品的流量乘以测量样品气体浓度和环境气体浓度之差（即用环境中烃类浓度来校正测量样品中的烃类浓度）来计算排放速率。



附图二.1 布袋法示意图

2. 相关方程法

相关方程法规定了默认零值排放速率、限定排放速率和相关方程。当密封点的净检测值小于 1 时，用默认零值排放速率作为该密封点排放速率；当净检测值大于 50000 ppmv，用限定排放速率作为该密封点排放速率。净检测值在两者之间，采用相关方程计算该密封点的排放速率，详见附表二-4。若企业未记录低于泄漏定义浓度限值的密封点的净检测值，可将泄漏定义浓度限值作为检测值带入计算。

$$e_{TOC} = \begin{cases} e_0 & (0 \leq SV < 1) \\ e_p & (SV \geq 50000) \\ e_f & (1 \leq SV < 50000) \end{cases} \quad (0-1)$$

式中：

e_{TOC} 密封点的 TOC 排放速率，kg/h；

SV 修正后净检测值， $\mu\text{mol/mol}$ ；

e_0 密封点 i 的默认零值排放速率，kg/h；

e_p 密封点 i 的限定排放速率，kg/h；

e_f 密封点 i 的相关方程核算排放速率, kg/h。

附表二-4 石油炼制和石油化工设备组件的设备泄漏率^a

设备类型 (所有物质类型)	默认零值排放速率 (kg/h/排放源)	限定排放速率 (kg/h/排放源)	相关方程 ^b (kg/h/排放源)
		>50000 ppmv	
石油炼制的泄漏率 (炼油、营销终端和油气生产)			
阀	7.8E-06	0.14	$2.29E-06 \times SV^{0.746}$
泵	2.4E-05	0.16	$5.03E-05 \times SV^{0.610}$
其它	4.0E-06	0.11	$1.36E-05 \times SV^{0.589}$
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	$2.20E-06 \times SV^{0.704}$
石油化工的泄漏率			
气体阀门	6.6E-07	0.11	$1.87E-06 \times SV^{0.873}$
轻液体阀门	4.9E-07	0.15	$6.41E-06 \times SV^{0.797}$
轻液体泵 ^c	7.5E-06	0.62	$1.90E-05 \times SV^{0.824}$
连接件	6.1E-07	0.22	$3.05E-06 \times SV^{0.885}$

注: 附表二-4 中涉及的 kg/h/排放源=每个排放源每小时的 TOC 排放量 (千克)。

a: 美国环保署, 1995b 报告的数据。

b: SV 是检测设备测得的测量值 (SV, ppm)。

c: 轻液体泵系数也可用于压缩机、泄压设备和重液体泵。

3. 筛选范围法

筛选范围法规定了测量值 ≥ 10000 ppmv 排放系数和 < 10000 ppmv 排放系数。采用筛选范围法核算某套装置不可达法兰或连接件排放速率时, 检测至少 50% 该装置的法兰或连接件, 并且至少包含 1 个净检测值大于等于 $10000 \mu\text{mol/mol}$ 的点, 以检测值 10000 ppmv 为界, 分析已检测法兰或连接件测量值可能 ≥ 10000 ppmv 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。利用公式 0-2 和公式 0-3 计算排放速率, 具体见附表二-5。该方法仅适用于当轮检测

由于在建立排放系数时, 石油炼制的排放系数中不包括甲烷; 而石油化工排放系数包括了甲烷。因此:

石油炼制工业密封点 TOCs 排放速率:

$$e_{TOC} = F_A \times \frac{WF_{TOC}}{WF_{TOC} - WF_{\text{甲烷}}} \times WF_{TOC} \times N \quad (0-2)$$

石油化工密封点 TOCs 排放速率：

$$e_{TOC} = F_A \times WF_{TOC} \times N \quad (0-3)$$

式中：

e_{TOC} 某类密封点的 TOC 排放速率，kg/h；

F_A 某类密封点排放系数；

WF_{TOC} 物料流中含 TOC 的平均质量分数；

$WF_{\text{甲烷}}$ 物料流中甲烷的平均质量分数，最大取 10%；

N 某类密封点的个数。

附表二-5 筛选范围排放系数^a

设备类型	介质	石油炼制系数 ^b		石油化工系数 ^c	
		≥10000 ppmv 排放系数 kg/(h·排放源)	<10000ppmv 排 放系数 kg/(h·排放源)	≥10000 ppmv 排放系数 kg/(h·排放源)	<10000ppmv 排 放系数 kg/(h·排放源)
连接件或 连接件	所有	0.0375	0.00006	0.113	0.000081

注：a：EPA，1995b 报告的数据。

b：这些系数是针对非甲烷有机化合物排放。

c：这些系数是针对总有机化合物排放。

d：轻液体泵密封的系数可以用于估算搅拌器密封的排放速率。

4. 平均排放系数法

平均排放系数法规定了各类密封点的排放系数。对于未开展 LDAR 的企业，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），可根据密封点的类型，采用公式 0-2 和公式 0-3 计算排放速率，具体排放系数见附表二-6。

附表二-6 石油炼制和石油化工平均组件排放系数^a

设备类型	介质	石油炼制排放系数 (kg/h/排放源) ^b	石油化工排放系数 (kg/h/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

设备类型	介质	石油炼制排放系数 (kg/h/排放源) ^b	石油化工排放系数 (kg/h/排放源) ^c
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

注：对于附表二-6中涉及的 kg/h/排放源=每个排放源每小时的 TOC 排放量（千克）。

a: 摘自 EPA, 1995b。

b: 石油炼制排放系数用于非甲烷有机化合物排放速率。

c: 石油化工排放系数用于 TOC（包括甲烷）排放速率。

d: 轻液体泵密封的系数可以用于估算搅拌器密封的排放速率。

计算 VOCs 的排放速率，需明确 VOCs 在物料流中的质量百分数（扣除其它化合物，例如甲烷、氮气、水蒸气），采用公式 0-4 计算排放速率。若未提供 TOC 中 VOCs 的质量分数，则取 1 进行核算。

$$e_{VOC} = e_{TOC} \times \frac{WP_{VOC}}{WP_{TOC}} \quad (0-4)$$

式中：

E_{VOC} 物料流中 VOCs 排放速率，kg/h；

E_{TOC} 物料流中 TOC 排放速率，kg/h；

WP_{VOC} 物料流中 VOCs 的平均质量百分数；

WP_{TOC} 物料流中 TOC 的平均质量百分数；

5. 单个 VOC 物质的排放速率

如需分别计算单个 VOC 物质的排放速率，可根据上述计算结果，乘以该物质占 VOCs 的质量分数，如公式 0-5。

$$e_i = e_{VOC} \times \frac{WF_i}{WF_{VOC}} \quad (0-5)$$

式中：

e_i 某种 VOCs 物质 i 的排放速率，kg/h；

e_{VOC} 物料流中 VOCs 排放速率，kg/h；

WF_i 物料流中含 i 的平均质量分数；

WF_{VOC} 物料流中 VOC 的平均质量分数；

(四) 附录二.4 排放因子的确定

根据物料的组分及浓度，查阅仪器制造商提供的数据或按照 HJ 733 中 3.2.1 规定的方法通过实验确定仪器对各组分的响应因子。如果各组分的响应因子在泄漏定义浓度到仪器最大测量值范围内均小于 3，则不需要修正检测值；如果有一种或多种组分的响应系数大于等于 3，则需要按照公式 0-5 计算检测仪器对物料的合成响应因子。 $RF_m < 3$ ，不需要修正检测值； $3 \leq RF_m < 10$ ，需要修正检测值；如果 $RF_m \geq 10$ ，则需要更换仪器或选择其它校准气体校准仪器，并测定新响应因子，直到物料响应因子 $RF_m < 10$ 为止。

$$RF_m = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{RF_i}} \quad (0-6)$$

其中：

RF_m 物料合成响应因子；

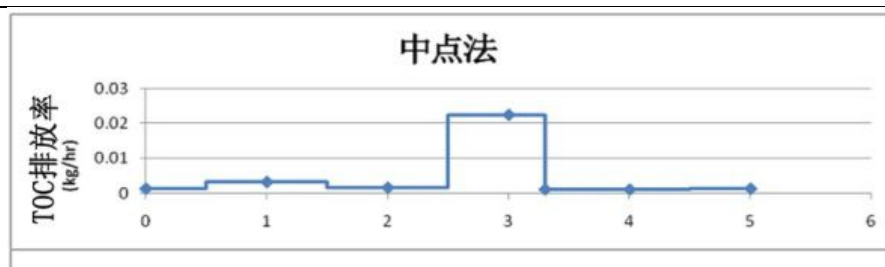
RF_i 组分 i 的响应因子（注意：应采用各组分相同浓度的响应因子）；

X_i 组分 i 占物料中 TOC 的摩尔百分数。

(五) 附录二.5 密封点排放时间的确定

由于各个密封点的检测时间和检测周期不同，因此在计算各个密封点排放量时，可采用中点法确定该密封点的排放时间，见附图二.2。

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。



附图二.2 中点法示意图

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。

如果设备停用，密封点所属组件的管道中无工艺介质（即停工退料），相关密封点的设备停用期可不计入排放时间。如果工艺单元停止操作而介质仍存留在设备组件内（即停工不退料），则该段时间仍计入排放时间。

例二-1 排放时间的核算

第1次检测时间为1月2日，第二次为4月4日，第3次为7月7日，那么4月4日的检测结果代表的是1月2日到4月4日的后半段（46日）和4月4日到7月7日的前半段（47日）共93日的泄漏情况。如果4月4日检测发现泄漏，4月9日修复完成，则4月4日的检测结果代表的是1月2日到4月4日的后半段（46日）和4月4日到4月9日段（6日）共52日的泄漏情况。7月7日的检测结果代表时间则从4月10日起计算。

如果设备停用，密封点所属组件的管道中无工艺介质（即停工退料），相关密封点的设备停用期可不计入排放时间。如果工艺单元停止操作而介质仍存留在设备组件内（即停工不退料），则该段时间仍计入排放时间。

根据密封点排放速率和排放时间，相乘即可计算该密封点在该排放时间段的排放量。如需计算单个VOC物质的排放量，可根据该物质的排放速率和排放时间计算。

计算年度排放量，则计算一自然年内，各排放时间段的排放量，相加即可。但由于检测时间通常与自然年不同，采用中点法计算一个检测周期的排放量，需要了解前半个周期的排放速率和后半个周期的排放速率，因此对于一个检测周期为6个月的密封点而言，如果下半

年的检测在 10 月 1 日以后，那么从检测时间到 12 月 31 日的排放速率可用本轮检测值计算；如果下半年的检测在 10 月 1 日之前，那么前半段检测周期的排放速率可用本轮检测值计算，后半段检测周期的排放速率则需要第二年上半年的检测数据计算，由此计算第一年到年底的泄漏量。

LDAR 实施前的年度泄漏量可按年操作时间计算年度泄漏量。

例二-2 某装置 VOCs 年排放量核算

某石油炼制装置物料流 A 和某石油化工装置物料流 B，其中设备数量如附表二-7。

附表二-7 某装置的运行信息

流号	装置类别	设备	介质类别	设备数量	操作时 ()	流组分	
						物质	质量分数 (%)
A	石油炼制	法兰	气体	300	8760	戊烷	80
						甲烷	20
B	石油化工	泵	轻液体	15	4380	水	10
						丙烯酸乙酯	10
						苯乙烯	90

1. 采用平均排放系数法计算：

按以下公式计算，结果见附表二-8，VOCs 总排放量为 1906.7kg/a。

$$\text{石油炼制：VOCs排放量} = N \times F_A \times \frac{WF_{TOC}}{WF_{TOC} - WF_{\text{甲烷}}} \times WF_{TOC} \times \frac{WF_{VOC}}{WF_{TOC}} \times t$$

$$\text{石油化工：VOCs排放量} = N \times F_A \times WF_{TOC} \times \frac{WF_{VOC}}{WF_{TOC}} \times t$$

附表二-8 平均排放系数法计算结果

流号	设备数量, N	TOC 排放因子, F _A (kg/(h·排放源))	TOC 质量分数, WP _{TOC}	操作时间, T (h)	VOCs 排放量 (kg/a)
A	300	0.00025	100%	8760	730
B	15	0.0199	90%	4380	1176.7
排放总量					1906.7

2. 采用相关方程法计算：

按相关方程法计算，结果见附表二-9，该装置 VOCs 总排放量为 968.9kg/a。

附表二-9 相关方程法计算结果

检测值 (ppmv)	物流 A 密封 点个数 ^a	TOC 排放量 (kg/a)	密封点编号	检测值 (ppmv)	TOC 排放量 (kg/a)
0~10	167	34.1	B-1	0	0.0

11~25	23	8.9	B-2	5	0.3
31~50	1	6.3	B-3	9	0.5
51~100	3	3.1	B-4	13	0.7
121	1	1.2	B-5	28	1.3
354	1	2.5	B-6	44	1.9
570	1	3.5	B-7	56	2.3
923	1	4.9	B-8	79	3.0
2143	1	8.9	B-9	121	4.3
5446	1	17.1	B-10	156	5.3
18945	1	41.0	B-11	1050	25.7
不可达 ^b	1	365	B-12	1588	36.1
不可达 ^b	89	52	B-13	1000	164.5
			B-14	未检测 ^c	87.2
			B-15	未检测 ^c	87.2
物料流 A 排放量		548.5	物料流 B 排放量		420.4
总排放量					968.9

注：a 由于法兰个数较多，此处为减少数据量按如下方式表示，其中法兰的排放速率根据检测最大值进行计算；

b 未检测的组件满足筛选范围法的使用条件，可采用筛选范围法计算；

c 未检测的组件为泵，不满足筛选范围法的使用条件，采用平均排放系数法计算。

由于物流 A 涉及的密封点都为法兰，300 个密封点中检测了 167 个，大于总数的 50%，且有 1 个法兰的检测值大于等于 10000ppmv，因此，对于剩下的 90 个不可达点可以用筛选范围法计算排放速率。根据筛选范围法，检测值大于等于 10000ppmv 的法兰的个数与全部被检测法兰个数的比例 1/167，则不可达点按同比例分配大于等于 10000ppmv 的密封点的个数为：

$$[1/167 \times 90] = [90/167] = 1 \quad (\text{计算结果向上取整为 } 1)$$

不可达点按同比例分配小于 10000ppmv 的密封点的个数为 89。

按公式 0-2 计算不可达点的排放速率。

检测值未经修正的情况下，该企业的物料流 A 和物料流 B 的 VOCs 排放量为 968.9kg/a。

响应因子校正

对于石油炼制装置可不考虑相应因子，根据公式 0-6 对物流 B 相关方程计算数据进行响应因子校正，物料中涉及的 VOCs 物质的响应因子见附表二-10。

附表二-10 VOCs 物质的相应系数

VOCs 物质	摩尔质量	摩尔分数	响应因子 (500ppm)	响应因子 (10000ppm)
丙烯酸乙酯 (质量分数 0.1)	100.1	0.1036	2.49	0.72
苯乙烯	104.2	0.8964	1.1	6.06

注：附表二-10 中的数据来源于 EPA1995 附件 D

$$RF_m (500\text{ppm 时}) = (0.1036/2.49 + 0.8963/1.10)^{-1} = 1.17$$

$$RF_m (10000\text{ppm 时}) = (0.1036/0.72 + 0.8964/6.06)^{-1} = 3.43$$

真实浓度大于 10000ppm 时响应因子大于 3，需要进行调整。

如全采用 RF=3.43 对物流 B 进行调整, 结果见附表二-11, 修正后该装置物流 B 部分的年排放量为 1880kg/a。

附表二-11 RF 为 3.4 时的校正结果

设备号	检测值 (未校正)	混合物响应因子(10000ppmv)	校正值 ^a	VOCs 排放量 (kg/a)
B-1	0		默认零值	0.033
B-2	5	3.43	17.15	0.9
B-3	9	3.43	30.87	1.4
B-4	13	3.43	44.59	1.9
B-5	28	3.43	96.04	3.6
B-6	44	3.43	150.92	5.2
B-7	56	3.43	192.08	6.3
B-8	79	3.43	270.97	8.4
B-9	121	3.43	415.03	12.0
B-10	156	3.43	535.08	14.7
B-11	1050	3.43	3601.5	70.9
B-12	1588	3.43	5446.84	99.7
B-13	10000	3.43	34300	454.3
B-14	未检测 ^b			87.2
B-15	未检测 ^b			87.2
流 B 排放总量				853.7

注: a 校正值=检测值×调整后混合物的响应因子。

b 未检测的组件采用平均排放系数法计算。

检测值修正后, 该企业的物料流 A 和物料流 B 的 VOCs 年排放量为 1402.2kg/a。

三、挥发性有机液体储存调和相关附录

(一) 附录三.1 资料收集

1. 有机液体储存设施信息

附表三-1 固定顶罐设施基本信息情况表

项目	内容	备注
企业名称		填写某公司的全称。
储罐位号		填写储罐的位号。例如：V601。
所属罐区		填写该储罐所在的罐区。例如：柴油加氢原料罐区、汽油组分罐区。
储存物料名称		填写该储罐储存液体的名称。例如：汽油、苯。
实际储存温度(℃)		填写该罐在实际操作时的年平均储存温度。例如：高温渣油罐实际操作温度约在100-150℃之间。
容积(m ³)		填写该罐的罐体体积。
直径(m)		填写该罐的直径。即：储罐外壳横截面的宽度。
罐体颜色		填写该罐的涂漆颜色，主要有白色、银色、铝色、灰色、绿色。
罐体高度(m)		填写该罐的罐体高度。
罐体长度(m)		填写卧式罐的罐体长度。
平均储存高度(m)		填写储存物料在储罐内的年平均储存高度。
年周转量(t/h)		填写该罐的每年收发料的总量。
呼吸阀-压力设定(Pa)		填写呼吸阀-压力阀的设计压力。
呼吸阀-真空设定(Pa)		填写呼吸阀-真空阀的设计压力。

附表三-2 内浮顶罐设施基本信息情况表

项目	内容	备注
企业名称		填写某公司的全称。
储罐位号		填写储罐的位号。例如：V601。

项目	内容	备注
所属罐区		填写该储罐所在的罐区。例如：柴油加氢原料罐区、汽油组分罐区。
储存物料名称		填写该储罐储存液体的名称。例如：汽油、苯。
实际储存温度(°C)		填写该罐在实际操作时的年平均存储温度。
容积(m ³)		填写该罐的罐体体积。
直径(m)		填写该罐的直径。即：储罐外壳横截面的宽度。
年周转量(t/h)		填写该罐的每年收发料的总量。
一次密封类型		填写一次密封的构造型式。国内目前常见的一次密封类型有充液式、泡沫式、机械式。
二次密封类型		填写二次密封的构造型式。常见类型有：挡雨板、橡胶刮板、舌型密封和靴型密封。
浮盘类型		填写浮盘的构造型式。国内目前常见的内浮盘类型有浮筒式和双层板式（即接液式）。
浮盘附件-人孔		浮盘顶的径向圆形开孔，提供足够大的面积允许操作人员和材料通过，以便进行建造或维修的设备。
浮盘附件-计量井		用于指示罐中液体的液位。浮标位于液体表面，处在一个被盖子密封的测量井中。
浮盘附件-采样井		由一个装备有自闭合密封盖的套管组成，操作人员可对所储液体进行测量和取样。
浮盘附件-浮盘支腿		主要用于对浮盘和罐底进行一定距离的隔离，防止浮盘下部设施的损坏。
浮盘附件-边缘呼吸阀		主要用于为密封和边缘地带留有一部分气体空间的密封设计。
浮盘附件-真空阀		主要用于补偿浮盘着陆或悬浮时内外气相压力差的变化。
浮盘附件-罐顶支柱		通过罐体内部浮盘的立柱，用于支撑罐顶。
浮盘附件-楼梯井		罐中设有从浮顶延伸至罐底的内梯，该设备通过浮盘的开孔。
浮盘附件-浮盘排水管		用于将浮盘顶部的雨水排出。

附表三-3 外浮顶罐设施基本信息情况表

项目	内容	备注
企业名称		填写某公司的全称。
储罐位号		填写储罐的位号。例如：V601。

项目	内容	备注
所属罐区		填写该储罐所在的罐区。例如：柴油加氢原料罐区、汽油组分罐区。
储存物料名称		填写该储罐储存液体的名称。例如：汽油、苯。
实际储存温度(°C)		填写该罐在实际操作时的温度。例如：高温渣油罐实际操作温度约在 100-150°C 之间。
容积 (m ³)		填写该罐的罐体体积。
直径 (m)		填写该罐的直径。即：储罐外壳横截面的宽度。
年周转量 (t/h)		填写该罐的每年收发料的总量。
一次密封类型		填写一次密封的构造型式。国内目前常见的一次密封类型有充液式、泡沫式、机械式。
二次密封类型		填写二次密封的构造型式。常见类型有：挡雨板、橡胶刮板、舌型密封和靴型密封。
浮盘附件-人孔		浮盘顶的径向圆形开孔，提供足够大的面积允许操作人员和材料通过，以便进行建造或维修的设备。
浮盘附件-计量井		用于指示罐中液体的液位。浮标位于液体表面，处在一个被盖子密封的测量井中。
浮盘附件-采样井		由一个装备有自闭合密封盖的套管组成，操作人员可对所储液体进行测量和取样。
浮盘附件-浮顶支腿		主要用于对浮盘和罐底进行一定距离的隔离，防止浮盘下部设施的损坏。
浮盘附件-真空阀		主要用于补偿浮盘着陆或悬浮时内外气相压力差的变化。
浮盘附件-导向柱(有槽)		该附件穿过浮顶，固定在罐底和罐顶之间且不可旋转。
浮盘附件-导向柱(无槽)		有槽导向柱与无槽导向柱的作用相似，但带有开槽或钻孔。
浮盘附件-浮盘排水管		用于将浮盘顶部的雨水排出。

2. 有机液体物料信息

附表三-4 原油理化参数信息情况表

项目	内容	备注
序号		序号：1, 2, 3……。
企业名称		企业名称：填写某公司的全称。
原油名称		填写贵公司所有加工原油的名称。例如：阿曼原油、大庆原油。
密度		填写油品的液相密度，单位：t/m ³ 。

雷德蒸汽压测定方法		雷德蒸汽压测定方法：填写测定原油雷德蒸汽压的方法。例如：GB/T8017 石油产品蒸气压测定法-雷德法。
雷德蒸汽压		填写雷德蒸汽压数值。
初馏点		填写从馏程测定仪的冷凝器上，流出的第一滴冷凝液时所测得的温度。

附表三-5 中间产品-混合物理化参数信息情况表

项目	内容	备注
序号		序号：1, 2, 3……。
企业名称		企业名称：填写某公司的全称。
原油名称		填写贵公司所有加工原油的名称。例如：阿曼原油、大庆原油。
密度		填写油品的液相密度，单位：t/m ³ 。
雷德蒸汽压测定方法		雷德蒸汽压测定方法：填写测定油品蒸汽压的方法。例如：GB/T8017 石油产品蒸气压测定法-雷德法。
雷德蒸汽压		填写雷德蒸汽压数值。
初馏点		填写从馏程测定仪的冷凝器上，流出的第一滴冷凝液时所测得的温度。
5%馏出温度		填写从馏程测定仪上蒸馏出的容量达到试样的10%时的温度。
15%馏出温度		填写从馏程测定仪上蒸馏出的容量达到试样的90%时的温度。
终馏点		填写从馏程测定仪烧瓶底部蒸馏出的最后一滴液体时所测得的温度。

附表三-6 中间产品-单体物质理化参数信息情况表

项目	内容	备注
序号		序号：1, 2, 3……。
企业名称		企业名称：填写某公司的全称。
标准名称		填写贵公司工艺生产过程中产生的单体中间产品。例如：甲苯、乙苯。
CAS 编号		填写该化学物质的登录号。
密度		填写单体物质的液相密度，单位：t/m ³ 。

附表三-7 成品-混合物理化参数信息情况表

项目	内容	备注
序号		序号：1, 2, 3……。
企业名称		企业名称：填写某公司的全称。
原油名称		填写贵公司所有加工原油的名称。例如：阿曼原油、大庆原油。
密度		填写油品的液相密度，单位：t/m ³ 。
雷德蒸汽压测定方法		雷德蒸汽压测定方法：填写测定油品蒸汽压的方法。例如：GB/T8017 石油产品蒸气压测定法-雷德法。
雷德蒸汽压		填写雷德蒸汽压数值。
初馏点		填写从馏程测定仪的冷凝器上，流出的第一滴冷凝液时所测得的温度。
5%馏出温度		填写从馏程测定仪上蒸馏出的容量达到试样的10%时的温度。
15%馏出温度		填写从馏程测定仪上蒸馏出的容量达到试样的90%时的温度。
终馏点		填写从馏程测定仪烧瓶底部蒸馏出的最后一滴液体时所测得的温度。

附表三-8 成品-单体物质理化参数信息情况表

项目	内容	备注
序号		序号：1, 2, 3……。
企业名称		企业名称：填写某公司的全称。
标准名称		填写贵公司工艺生产过程中产生的单体中间产品.例如：甲苯、乙苯。
CAS 编号		填写该化学物质的登录号。
密度		填写单体物质的液相密度，单位：t/m ³ 。

3.其它相关信息

附表三-9 储罐所在地的气象信息

项目	内容	备注
月份		填写每月月份。
日最高环境温度		填写每月当中的最高环境温度值.单位：℃。
日最低环境温度		填写每月当中的最低环境温度值。单位：℃。

平均风速		填写每月风速的平均值。单位：m/s。
太阳辐射强度		指在水平面上单位面积所接收的太阳能。填写每月太阳辐射强度因子。单位：kcal/cm ² 。

附表三-10 VOCs 末端回收治理措施信息

项目	内容	备注
技术名称		填写使用的技术名称，如：柴油吸收法，柴油吸收+活性炭吸附。
设计处理效率		设计处理效率：填写装置的设计处理效率。
装置入口废气收集速率		填写上一稳定运行周期装置入口废气平均收集量（单位：m ³ /h）。
装置出口废气排放速率		填写上一稳定运行周期装置出口废气平均排放量（单位：m ³ /h）。
VOCs 治理装置入口浓度		上一稳定运行周期的入口平均浓度，注意单位统一成 mg/Nm ³ 。
VOCs 治理装置出口浓度		上一稳定运行周期的出口平均浓度，注意单位统一成 mg/Nm ³ 。
设施投用率		上一稳定运行周期装置的投用率。

(二) 附录三.2 合规性检查表

附表三-11 常压储罐设施及附件选型检查表

A 5.2 kPa ≤ 储存物料的真实蒸气压 ≤ 27.6kPa；储罐设计容积 ≥ 150 m³ 或 27.6kPa ≤ 储存物料的真实蒸气压 ≤ 76.6kPa；75m³ ≤ 储罐设计容积 ≤ 150 m³。

项目		检查内容	达标判定	达标判定依据	其它
浮顶罐	内浮顶罐密封选型	液体镶嵌式 <input type="checkbox"/> 泡沫式 <input type="checkbox"/> 机械式 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/>	采用内浮顶罐；内浮顶罐的浮盘与罐壁之间应采用液体镶嵌式、机械式鞋形、双封式等高效密封方式。	
	外浮顶罐初级密封选型	液体镶嵌式 <input type="checkbox"/> 泡沫式 <input type="checkbox"/> 机械式 <input type="checkbox"/> 双极密封 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/>	采用外浮顶罐；外浮顶罐的浮盘与罐壁之间应采用双封式密封，且初级密封采用液体镶嵌式、机械式鞋形等高效密封方式。	二次密封类型
	内浮顶罐浮盘选型	浮筒式 <input type="checkbox"/> 双层板式（接液式）液	/	/	
固定顶罐	VOCs 末端处理设施	已增设 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/>	采用固定顶罐，应安装密闭排气系统至有机废气回收或处理装置	
		未增设 <input type="checkbox"/>	不达标 <input type="checkbox"/>		

项目	检查内容	达标判定	达标判定依据	其它
VOCs 末端处理设施控制效率	VOCs 末端处理设施控制效率：	达标 <input type="checkbox"/> 不达标 <input type="checkbox"/>	控制效率是否达到 95% (特别排放限值区域控制效率是否达到 97%)	

B 27.6kPa≤储存物料的真实蒸气压≤76.6kPa； 75m³≤储罐设计容积≤150 m³

项目	内容	其它
储罐选型	固定顶罐 <input type="checkbox"/> 内浮顶罐 <input type="checkbox"/> 外浮顶 <input type="checkbox"/>	
如选用内浮顶罐，浮盘的选型	浮筒式 <input type="checkbox"/> 双层板式（接液式） <input type="checkbox"/>	
如选用内浮顶罐，边缘密封选型	液体镶嵌式 <input type="checkbox"/> 泡沫式 <input type="checkbox"/> 机械式 <input type="checkbox"/> 双极密封 <input type="checkbox"/>	
如选用外浮顶罐，是否采用双极密封	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
如选用固定顶罐，是否有 VOCs 末端处理设施	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
对于固定顶罐，如设有 VOCs 末端处理设施，采用何种技术	冷凝 <input type="checkbox"/> 吸附 <input type="checkbox"/> 吸收 <input type="checkbox"/> 膜分离 <input type="checkbox"/>	组合技术：
VOCs 末端处理设施的控制效率是否达到 95%	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	

C 按照《石油炼制工业污染物排放标准》的要求，储存于常压储罐的物料，其真实蒸气压数值不能大于 76.6 kPa。

附表三-12 固定顶储罐设施检查表

项目	内容	其它
罐体颜色	白色 <input type="checkbox"/> 铝色 <input type="checkbox"/> 浅灰色 <input type="checkbox"/> 中灰色 <input type="checkbox"/> 绿色 <input type="checkbox"/>	
呼吸阀选型	- 295-350Pa <input type="checkbox"/> - 295-980Pa <input type="checkbox"/> - 295-1750Pa <input type="checkbox"/> - 295-1920Pa <input type="checkbox"/>	
顶/底部人孔法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
透光孔法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
量油孔法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
呼吸阀法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
液压阀法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	

附表三-13 浮顶罐储罐设施检查表

项目	内容	其它
----	----	----

边缘密封是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
人孔法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
采样口法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
计量井法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
导向柱法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
设在罐顶部的耳孔法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
罐顶通气孔法兰和螺栓是否有泄漏	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	

(三) 附录三.3 核算方法

1. 实测法

实测法只适用于设有 VOCs 末端治理设施的储罐（区）的排放量。

监测频次可为 1 次/周。计算方法如下：

$$E_{\text{储存}i} = E_{\text{储存}i(\text{公式计算排放量})} - [(C_{i\text{进}} - C_{i\text{出}}) \times Q_i \times t \times 10^{-9}] \quad (0-7)$$

式中：

$E_{\text{储存}i}$ 设有末端治理设施的 i 罐（区）挥发性有机物排放量，
t/a；

$E_{\text{储存}i(\text{公式计算排放量})}$ 公式法计算出的理论挥发量，t/a；

$C_{i\text{进}}$ 末端治理设施排气筒 VOCs 进口浓度年度平均值，
mg/Nm³；

$C_{i\text{出}}$ 末端治理设施排气筒 VOCs 出口浓度年度平均值，
mg/Nm³；

Q_i 排气筒 i 的出口流量的年度平均值，Nm³/h；

t 末端治理设施的运行时间，h/a。

2.公式法

公式法中使用的均为美制单位体系。在此，不推荐使用者在运算过程中将美制单位转换为国际单位制，以避免换算过程中出现多层次误差。建议使用者在完成运算后，将排放量数值的美制单位（磅）转为国际单位制（吨）。

(1) 固定顶罐总损耗

该估算方法可应用于立式柱形储罐和固定顶罐。储罐必须充分液密和气密，必须在接近常压下操作。公式不适用于以下情况：不稳定或易沸储料，未知蒸汽压或无法预测的碳氢化合物或石油化学品的混合物。固定顶罐的总损耗是静置损耗与工作损耗的总和：

$$L_T = L_S + L_W \quad (0-8)$$

式中：

L_T 总损失，lb/a；

L_S 静置储藏损失，lb/a，见公式 0-9；

L_W 工作损失，lb/a，见公式 0-32。

① 静置损耗

静置储藏损耗 L_S ，是指由于罐体气相空间呼吸导致的储存气相损耗。公式 4-2 可估算固定顶罐的静置储藏损耗，公式源于 AP-42 第七章。

$$L_S = 365V_V W_V K_E K_S \quad (0-9)$$

式中：

L_S 静置储藏损失（对于地下的卧式罐，由于地下土层的绝缘作用，昼夜温差的变化对卧式罐没有产生太大影响，一般认为 $L_S=0$ 。），lb/a；

V_V 气相空间容积, ft^3 , 见公式 0-10;

W_V 储藏气相密度, lb/ft^3 ;

K_E 气相空间膨胀因子, 无量纲量;

K_S 排放蒸汽饱和因子, 无量纲量。

立式罐气相空间容积 V_V , 通过以下公式计算:

$$V_V = \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) H_{VO} \quad (0-10)$$

式中:

V_V 气相空间容积, ft^3 ;

D 罐径, ft ;

H_{VO} 气相空间高度, ft 。

卧式罐气相空间容积 V_V , 通过以下公式计算:

$$V_V = \frac{\pi}{4} D_E^2 H_{VO} \quad (0-11)$$

式中:

V_V 固定顶罐蒸汽空间体积, ft^3 ;

H_{VO} 蒸汽实际空间高度 ($H_{VO}=D$), ft ;

D_E 卧式罐有效直径, ft ;

$$D_E = \sqrt{\frac{LD}{0.785}} \quad (0-12)$$

综合公式 0-9 和公式 0-10, 静置储藏损失可化为公式 0-13。

$$L_S = 365 K_E \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) H_{VO} K_S W_V \quad (0-13)$$

A. 气相空间膨胀因子

气相空间膨胀因子 K_E 的计算依赖于罐中液体的特性和呼吸阀的设置。计算见公式 0-14。

若已知儲罐位置，罐体颜色和状况， K_E 有如下公式计算：

(A) 混合物—例如：石油类以及炼化石油类产品：

$$K_E = \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}} > 0 \quad (0-14)$$

其中：

ΔT_V 日蒸汽温度范围， $^{\circ}\text{R}$ ，见注释 a；

ΔP_V 日蒸汽压范围，psi，见注释 b；

ΔP_B 呼吸阀压力设定范围，psi，见注释 d；

P_A 大气压力，psia；

P_{VA} 日平均液体表面温度下的蒸汽压，psia，见公式 0-30；

T_{LA} 日平均液体表面温度， $^{\circ}\text{R}$ ，见注释 d 公式 0-27。

对于公式 0-14：

a. 日蒸汽温度范围， ΔT_V ，计算方法如下：

$$\Delta T_V = 0.72\Delta T_A + 0.028\alpha I \quad (0-15)$$

其中：

ΔT_V 日蒸汽温度范围， $^{\circ}\text{R}$ ；

ΔT_A 日环境温度范围， $^{\circ}\text{R}$ ，见注释 d；

α 罐漆太阳能吸收率，无量纲量，见附表三-14；

I 太阳辐射强度， $\text{Btu}/\text{ft}^2 \cdot \text{day}$ 。

b. 日蒸汽压范围 ΔP_V ，由下式计算：

下面的公式可以用来代替石油液 ΔP_V 的计算：

$$\Delta P_V = \frac{0.50BP_{VA}\Delta T_V}{T_{LA}^2} \quad (0-16)$$

其中：

ΔP_V 日蒸汽压范围，psia；

B 蒸汽压公式中的常数, °R, 见公式 0-30;

P_{VA} 日最高液体表面温度下的平均蒸汽压, psia, 见公式 0-29;

T_{LA} 日平均液体表面温度, °R, 见公式 0-27;

ΔT_V 日蒸汽温度范围, °R, 见注释 a。

c. 呼吸阀压力范围 ΔP_B , 计算方法如下:

$$\Delta P_B = P_{BP} - P_{BV} \quad (0-17)$$

其中:

ΔP_B 呼吸阀压力设定范围, psig;

P_{BP} 呼吸阀压力设定, psig;

P_{BV} 呼吸阀真空设定, psig。

如果呼吸阀压力设定和负压设定指定信息未知, 则假定 P_{BP} 为 0.03psig、 P_{BV} 为 -0.03psig 为参考值。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 $\Delta P_B=0$ 。

d. 日环境温度范围 ΔT_A , 计算方法如下:

$$\Delta T_A = T_{AX} - T_{AN} \quad (0-18)$$

其中:

ΔT_A 日环境温度范围, °R;

T_{AX} 日最大环境温度, °R;

T_{AN} 日最小环境温度, °R。

(B) 纯物质挥发性液体物料—例如：苯、对二甲苯

$$K_E = 0.0018\Delta T_V = 0.0018[0.72(T_{AX} - T_{AN}) + 0.028\alpha I] \quad (0-19)$$

式中：

K_E 气相空间膨胀因子，无量纲量；

ΔT_V 日蒸汽温度范围， $^{\circ}\text{R}$ ；

T_{AX} 日最高环境温度， $^{\circ}\text{R}$ ；

T_{AN} 日最低环境温度， $^{\circ}\text{R}$ ；

α 罐漆太阳能吸收率，无量纲量，见附表三-14；

I 太阳辐射强度， $\text{Btu}/\text{ft}^2 \cdot \text{day}$ ；

0.0018 常数， $(^{\circ}\text{R})^{-1}$ ；

0.72 常数，无量纲量；

0.028 常数， $^{\circ}\text{R} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{day} / \text{Btu}$ 。

B. 气相空间高度

气相空间高度 H_{VO} ，是罐径气相空间的高度，这一空间等于固定顶罐的气相空间包括穹顶和锥顶的空间。 H_{VO} 计算如下：

$$H_{VO} = H_S - H_L + H_{RO} \quad (0-20)$$

式中：

H_{VO} 气相空间高度，ft；

H_S 罐体高度，ft；

H_L 液体高度，ft；

H_{RO} 罐顶计量高度，ft，锥顶罐见注释 a，穹顶罐见注释

b。

对于公式 0-20：

a. 对于锥顶罐，顶高度 H_{RO} 计算方法如下：

$$H_{RO} = 1/3H_R \quad (0-21)$$

式中：

H_{RO} 罐顶计量高度，ft；

H_R 罐顶高度，ft；

$$H_R = S_R R_S \quad (0-22)$$

式中：

S_R 罐锥顶斜率，ft/ft；如果未知，则使用标准值 0.0625；

R_S 罐壳半径，ft。

b. 对于穹顶罐，罐顶计量高度 H_{RO} 计算方法如下：

$$H_{RO} = H_R \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left[\frac{H_R}{R_S} \right]^2 \right] \quad (0-23)$$

式中：

H_{RO} 罐顶计量高度，ft；

R_S 罐壳半径，ft；

H_R 罐顶高度，ft；

$$H_R = R_R - (R_R^2 - R_S^2)^{0.5} \quad (0-24)$$

R_R 罐穹顶半径，ft；

R_S 罐壳半径，ft；

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。

C. 气相空间饱和因子

排放蒸汽空间饱和因子 K_S ，计算公式如下：

$$K_s = \frac{1}{1 + 0.053 P_{VA} H_{VO}} \quad (0-25)$$

式中：

K_s 排放蒸汽空间饱和因子，无量纲量；

P_{VA} 日平均液面温度下的饱和蒸汽压，psia，或参照公式 0-30 和 0-31 计算；

H_{VO} 气相空间高度，ft，见公式 0-19；

0.053 常数，(psia-ft)⁻¹。

D. 气相密度

储藏气相密度 W_v ，气相密度的计算公式如下：

$$W_v = \frac{M_v P_{VA}}{RT_{LA}} \quad (0-26)$$

式中：

W_v 气相密度，lb/ft³；

M_v 气相分子质量，lb/lb-mol；

R 理想气体状态常数，10.741lb/lb-mol · ft · °R；

P_{VA} 日平均液面温度下的饱和蒸汽压，psia，见公式 0-30 和 0-31；

T_{LA} 日平均液体表面温度，°R，见公式 0-27。

对于公式 0-26：

a. 日平均液体表面温度 T_{LA}

如果日平均液体表面温度 T_{LA} 未知，可通过以下公式计算：

$$T_{LA} = 0.44T_{AA} + 0.56T_B + 0.0079\alpha I \quad (0-27)$$

式中：

-
- T_{LA} 日平均液体表面温度, °R;
 - T_{AA} 日平均环境温度, °R, 见注释 b;
 - T_B 储液主体温度, °R, 见注释 c;
 - α 罐漆太阳能吸收率, 无量纲量, 见附表三-14;
 - I 太阳辐射强度, Btu/ft² · day。

b. 日平均环境温度 T_{AA}

日平均环境温度 T_{AA} 的计算公式如下:

$$T_{AA} = \left(\frac{T_{AX} + T_{AN}}{2} \right) \quad (0-28)$$

式中:

- T_{AA} 日平均环境温度, °R;
- T_{AX} 日最高环境温度, °R;
- T_{AN} 日最低环境温度, °R。

c. 储液主体温度 T_B

储液主体温度 T_B 的计算公式如下:

$$T_B = T_{AA} + 6\alpha - 1 \quad (0-29)$$

式中:

- T_B 储液主体温度, °R;
- T_{AA} 日平均环境温度, °R, 见注释 b;
- α 罐漆太阳能吸收率, 无量纲量, 见附表三-14。

E. 真实蒸汽压

对于特定的石油液体储料的日平均液体表面蒸汽压, 可通过以下公式计算:

$$P_{VA} = \exp \left[A - \left(\frac{B}{T_{LA}} \right) \right] \quad (0-30)$$

式中：

A 蒸汽压公式中的常数，无量纲量；

B 蒸汽压公式中的常数，°R；

T_{LA} 日平均液体表面温度，°R；

P_{VA} 日平均液体表面蒸汽压，psia。

对于油品：

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

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

对于原油：

$$A=12.82-0.9672\ln(\text{RVP})$$

$$B=7261-1216\ln(\text{RVP})$$

式中：

RVP 雷德蒸汽压，psi；

S 10%蒸发量下 ASTM 蒸馏曲线斜率，°F/vol%。

$$S = \frac{15\% \text{馏出温度} - 5\% \text{馏出温度}}{15 - 5}$$

对于纯物质有机液体（如苯、对二甲苯）的日平均液体表面蒸汽压，采用安托因方程计算。

$$\log P_{VA} = \frac{10^{A - \left(\frac{B}{T_{LA} + C}\right)}}{51.7125} \quad (0-31)$$

式中：

A、B、C 为安托因常数；

T_{LA} 日平均液体表面温度，°C；

P_{VA} 日平均液面温度下的饱和蒸汽压，psia；

②工作损耗

工作损耗 L_W ，与装料或卸料时所储蒸汽的排放有关。固定顶罐的工作排放计算如下：

$$L_W = \frac{5.614}{RT_{LA}} M_V P_{VA} Q K_N K_P K_B \quad (0-32)$$

式中：

L_W 工作损耗，lb/a；

M_V 气相分子量，lb/lb-mol；

P_{VA} 真实蒸汽压，psia，见公式 0-30 和 0-31；

Q 年周转量，bbl/a；

K_P 工作损耗产品因子，无量纲量；

对于原油 $K_P=0.75$ ；

对于其它挥发性有机液体 $K_P=1$ ；

K_N 工作排放周转（饱和）因子，无量纲量；

当周转数 >36 ， $K_N = (180+N) / 6N$ ；

当周转数 ≤ 36 ， $K_N=1$ ；

K_B 呼吸阀工作校正因子。

呼吸阀工作时的校正因子可用 0-33 和 0-34 计算：

当

$$K_N \left[\frac{P_{BP} + P_A}{P_I + P_A} \right] > 1.0 \quad (0-33)$$

然后

$$K_B = \left[\frac{\frac{P_I + P_A}{K_N} - P_{VA}}{P_{BP} + P_A - P_{VA}} \right] \quad (0-34)$$

其中：

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，psig；

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，psia；

K_N 工作排放周转（饱和）因子，无量纲量，见公式 0-32；

当周转数 >36 ， $K_N = (180+N) / 6N$ ；

当周转数 ≤ 36 ， $K_N = 1$ ；

P_{VA} 日平均液面温度下的蒸汽压，psia，见公式 0-30 和 0-31

P_{BP} 呼吸阀压力设定，psig。

例三-1 柴油固定顶罐 VOCs 损耗试算

一座位于某市某炼油厂的柴油成品立式固定顶罐，其储存容积为 5000m^3 ，罐体高度为 16m ，年平均储存高度约为 9m ，罐壁和罐顶的涂漆颜色为白色，呼吸阀设定压力为 -295Pa - 980Pa ，2014 年该罐的年周转量为 $10 \times 10^4\text{t}$ ，未设油气回收设施。试算该储罐 2014 年 VOCs 损耗量。

试算过程：

第一步：梳理基础数据

①气象数据

查阅资料可知 2014 年该市的年平均温度约为 20°C ，大气压为 1atm ，太阳辐射因子为 $1016.1\text{Btu}/(\text{ft}^2 \cdot \text{a})$ 。

②有机液体理化数据

通过实测和查阅资料可得：

A. 柴油成品的雷德蒸汽压约为 2.81kPa ，通过计算得出液体表面温度约为 25°C ，该柴油在 25°C 时的真实蒸汽压约为 1.5kPa ，油气摩尔质量为 130.75g/g-mol ；

B. 液体密度为 0.84t/m^3 。

③构造数据

容积： 5000m^3 ；直径： 21m ；罐体高度： 16m ；年平均储存高度： 9m ；罐体涂漆颜色：白色；呼吸阀设定压力： -295Pa - 980Pa 。

④周转数据

2014 年该罐的年周转量： $10 \times 10^4\text{t}$ 。

第二步：计算损耗因子

结合案例提供的相关信息和数据，代入相应的公式，计算出固定顶罐静置损耗和工作损耗公式中的各损耗因子。

①静置损失

A. 气相空间膨胀因子

通过输入以下参数：当地大气压、环境温度、太阳能辐射因子、罐壁涂料颜色和呼吸阀设定压力，计算出气相空间膨胀因子为 0.066。

B. 气相空间高度

通过输入以下参数：罐体高度、平均储存高度、罐穹顶半径和罐体半径，计算出气相空间高度为 8.9m。

C. 气相空间饱和因子

通过输入以下参数：气相空间高度和真实蒸汽压，计算出气相空间饱和因子约为 0.75。

D. 气相密度

通过输入以下参数：真实蒸汽压、气相摩尔质量和液体表面温度，计算出气相密度为 78.5g/m³。

将以上计算得出的数据代入公式： $L_S = 365K_E \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) H_{VO} K_S W_V$ ，即得出该柴油罐 2014 年的静置损失约为 4.44t。

②工作损失

A. 工作损失周转因子

通过输入周转量，计算出该储罐年周转次数约为 28.4 次，小于 46，故工作损失周转因子取值 1。

B. 呼吸阀工作状态因子

通过输入大气压、真实蒸汽压、工作损失周转因子、呼吸阀设定压力，计算出呼吸阀工作状态因子约为 0.99。

将以上计算得出的数据代入公式：

$$L_W = \frac{5.614}{RT_{LA}} M_V P_{VA} Q K_N K_P K_B$$

即得出该柴油罐 2014 年的工作损失约为 9.47t。

2014 年该储罐的总损耗 = 静置损耗+工作损耗 = 14.8t。

(2) 浮顶罐总损耗

浮顶罐的总损耗是边缘密封、出料、浮盘附件和浮盘缝隙损耗的总和。本章所提到的公式主要应用于浮顶罐，不适用以下情况：

估算不稳定或易沸储料、碳氢化合物的混合物、蒸汽压未知或不可轻易预测的石油化学品；估算带有封闭设施的内浮顶（如带有水封罐）或封闭穹顶外浮顶罐；估算储罐边缘密封材料和/或浮盘设施老化或被储液明显浸渍。

浮顶罐的总损耗如下：

$$L_T = L_R + L_{WD} + L_F + L_D \quad (0-35)$$

式中：

- L_T 总损耗, lb/a;
- L_R 边缘密封损耗, lb/a, 见公式 0-36;
- L_{WD} 排放损耗, lb/a, 见公式 0-38;
- L_F 浮盘附件损耗, lb/a, 见公式 0-39;
- L_D 浮盘缝隙损耗 (只限内浮顶罐), lb/a, 见公式 0-43。

①边缘密封损耗

浮顶罐的边缘密封损耗可由下列公式估算得出:

$$L_R = (K_{Ra} + K_{Rb}v^n)DP^*M_VK_C \quad (0-36)$$

式中:

- L_R 边缘密封损耗, lb/a;
- K_{Ra} 零风速边缘密封损耗因子, lb-mol/ft · a; , 见附表三-15;
- K_R 有风时边缘密封损耗因子, lb-mol/ (mph)ⁿ · ft · a, 见附表三-15;

- v 罐点平均环境风速, mph;
- n 密封相关风速指数, 无量纲量, 见附表三-15;
- P^* 蒸汽压函数, 无量纲量;

$$P^* = \frac{\frac{P_{VA}}{P_A}}{\left[1 + \left(1 - \frac{P_{VA}}{P_A}\right)^{0.5}\right]^2} \quad (0-37)$$

式中:

- P_{VA} 日平均液体表面蒸汽压, psia 见公式 0-29;
- P_A 大气压, psia;

- D 罐体直径, ft;
- M_v 气相分子质量, lb/lb-mol;
- K_C 产品因子; 原油 0.4, 其它挥发性有机液体 1。

对于公式 0-36:

如果罐为内浮顶或穹顶外浮顶罐, v 值始终为 0。美国石油协会 (API) 建议使用储液温度代替液体表面温度, 来计算公式 0-30 中 P_{VA} 。如果储液温度未知, API 建议使用以下公式估算:

罐体颜色	年平均储藏温度, T_s (°F)
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 (°F)

②挂壁损耗

浮顶罐的罐壁排放损耗可由公式 0-38 估算得出:

$$L_{WD} = \frac{(0.943)QC_sW_L}{D} \left[1 + \frac{N_C F_C}{D} \right] \quad (0-38)$$

式中:

- L_{WD} 排放损耗, lb/a;
- Q 年周转量, bbl/a;
- C_s 罐体油垢因子, 见附表三-16;
- W_L 对于特定石油化学品的平均挥发性有机液体密度, lb/gal;
- D 罐体直径, ft
- 0.943 常数, $1000\text{ft}^3 \cdot \text{gal}/\text{bbl}^2$;
- 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，取值 1。

③浮盘附件损耗

浮顶罐的浮盘附件损耗可由下面的公式估算得出：

$$L_F = F_F P^* M_V K_C \quad (0-39)$$

式中：

L_F 浮盘附件损耗，lb/a；

F_F 总浮盘附件损耗因子，lb-mol/a；

$$F_F = \left[(N_{F1} K_{F1}) + (N_{F2} K_{F2}) + \dots + (N_{Fn} K_{Fn}) \right] \quad (0-40)$$

式中：

N_{Fi} 特定规格的浮盘附件数，无量纲量；

K_{Fi} 特定规格的附件损耗因子，lb-mol/a，见公式 0-41；

n_f 不同种类的附件总数，无量纲量；

P^* ， M_V ， K_C 的定义见公式 0-36。

F_F 的值可以由罐体实际参数中附件种类数 (N_F) 乘以每一种附件的损耗因子 (K_F) 算得。

对于特定类型的附件， K_{Fi} 可由下式估算：

$$K_{Fi} = K_{Fa_i} + K_{Fb_i} (K_v)^{m_i} \quad (0-41)$$

式中：

K_{Fi} 特定类型浮盘附件损耗因子，lb-mol/a；

K_{Fai} 无风情况下特定类型浮盘附件损耗因子，lb-mol/a，见附表三-17；

K_{Fbi} 有风情况下特定类型浮盘附件损耗因子，lb-mol/(mph)^m · a，见附表三-17；

- m_i 特定浮盘损耗因子，无量纲量，见附表三-17；
- K_v 附件风速修正因子，无量纲量；
- v 平均气压平均风速，mph。

对于外浮顶罐，附件风速修正因子 $K_v=0.7$ 。对于内浮顶罐和穹顶外浮顶罐风速，其修正因子为 0，公式演变为：

$$K_{Fi} = K_{Fa_i} \quad (0-42)$$

④浮盘缝隙损耗

浮盘经焊接的内浮顶罐和外浮顶罐都没有盘缝损耗。由螺栓固定的内浮顶罐可能存在盘缝损耗，可由下公估算：

$$L_D = K_D S_D D^2 P^* M_V K_C \quad (0-43)$$

式中：

K_D 盘缝损耗单位缝长因子，lb-mol/ft · a；

0 对应于焊接盘；

0.14 对应于螺栓固定盘；

S_D 盘缝长度因子，ft/ft²，见附表三-18；

$\frac{L_{seam}}{A_{deck}}$ (L_{seam} : 浮盘缝隙长度；
 A_{deck}

A_{deck} : 浮盘面积: $\pi * d^2/4$) ;

D , P^* , M_V 和 D_C 的定义见公式 0-36。

附表三-14 罐漆太阳能吸收率 (α)

序号	罐漆颜色	太阳能吸收因子	序号	罐漆颜色	太阳能吸收因子
1	白色	0.34	4	浅灰色	0.63
2	黑色	0.97	5	中(银)灰色	0.74
3	铝色	0.68	6	绿色	0.91

附表三-15 浮顶罐边缘密封损耗系数

罐体类型	密封	K_{Ra} (lb-mol/ft · a)	K_{Rb} lb-mol/ (mph) ⁿ · ft · a	n
------	----	-----------------------------	---	---

焊接	机械鞋式密封			
	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
	液态镶嵌式密封			
	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
	气态镶嵌式密封			
	只有一级	6.7	0.2	4
	挡雨板	3.3	0.1	3
	边缘刮板	2.2	0.003	4.3
	铆接	机械鞋式密封		
只有一级		10.8	0.4	2
边缘靴板		9.2	0.2	1.9
边缘刮板		1.1	0.4	1.5

注：附表三-15 中边缘密封损耗因子 k_{ra} , k_{rb} , n 只适用于 6.8m/s 以下

附表三-16 储罐罐壁油垢因子

介质	罐壁状况 (bbl/1000ft ²)		
	轻锈	中锈	重锈
汽油	0.0015	0.0075	0.15
原油	0.006	0.03	0.6
其它油品	0.0015	0.0075	0.15

附表三-17 浮顶罐浮盘附件损耗系数表

附件	状态	k_{fa} (lb-mol/a)	k_{fb} (lb-mol/ (mph) ⁿ · a)	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

附件	状态	k_{fa} (lb-mol/a)	k_{fb} (lb-mol/ (mph) $n \cdot a$)	m
	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	/	/
采样管/ 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		
导向柱 (有槽)	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	46	2.0
	有密封件滑盖 (带浮球)			
	有密封件滑盖 (带导杆刷)	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 (带导杆衬套及刷)	8.3	4.4	1.6
	有密封件滑盖 (带浮头和导杆刷)	21	7.9	1.8
	有密封件滑盖 (带浮头、衬套和刷)	11	9.9	0.89
导向柱 (无槽)	无衬垫滑盖	31	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
真空阀	附重加权, 未加密封件	7.8	0.01	4.0

附件	状态	k_{fa} (lb-mol/a)	k_{fb} (lb-mol/ (mph) $n \cdot a$)	m
	附重加权, 加密封件	6.2	1.2	0.94
浮盘 支腿	可调式-内浮顶浮盘	7.9		
	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 气孔	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		

附表三-18 浮顶罐浮盘缝隙长度因子

序号	浮盘构造	浮盘缝隙长度系数
1	浮筒式浮盘	4.8
2	双层板式浮盘	0.8

注: 附表三-18 中的浮盘缝隙长度因子只针对铆接式浮盘, 焊接式浮盘没有盘缝损失

附表三-19 部分油品理化参数

油品名称	液体密度 (t/m ³)	温度 (°C)	真实蒸汽压 (kPa)	15.6°C 时油气分子量 (g/g-mol)
原油	0.86	37.8	41	50

油品名称	液体密度 (t/m ³)	温度 (°C)	真实蒸汽压 (kPa)	15.6°C 时油气分子量 (g/g-mol)
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	150	0.61	190
热渣油	0.92	150	0.46	190

注：附表三-19 中的真实蒸汽压取值为理论计算的最大值

附表三-20 单位换算表

类别	单位换算
长度	1m=4.2808ft
体积	1m ³ =264.2gal
	1m ³ =6.28 bbl
	1 m ³ =45.41 ft ³
质量	1kg=2.20lb
密度	1 g/m ³ =8.44lb/gal
	1 g/m ³ =0.00006lb/ft ³
压力	1kPa=7.5mmHg
	1kPa=0.14psia
风速	1m/s=2.24mph
边缘密封损耗系数	1kg-mol/m · a=0.67lb-mol/ft · a
油垢因子	1 m ³ /1000 m ² =0.58bbl/1000ft ²
浮盘附件损耗系数	1kg-mol/a=2.22lb-mol/a
盘缝损耗系数	1m/m ² =0.4*ft/ft ²

例三-2 汽油内浮顶罐 VOCs 损耗试算

一座位于某市某炼油厂的汽油成品内浮顶罐，2014 年该罐的年周销量为 10×10⁴t，其储存容积为 5000m³，边缘密封为管式充液式密封，浮盘类型为铆接浮筒式，人孔数量 2

个，计量井 1 个，采样井 1 个，浮盘支腿 90 个，边缘通气孔 8 个，真空阀 2 个，未设油气回收设施。试算该储罐 2014 年 VOCs 损耗量。

试算过程：

第一步：梳理基础数据

①气象数据

查阅资料可知 2014 年该市的年平均温度约为 20℃，大气压为 1atm，太阳辐射因子为 1016. Btu/ (ft² · a)。

②有机液体理化数据

通过实测和查阅资料可得：

A.汽油成品的雷德蒸汽压约为 65kPa，通过计算得出液体表面温度约为 25℃，该柴油在 25℃时的真实蒸汽压约为 44kPa，油气摩尔质量为 68.75g/ mol；

B.液体密度为 0.84t/m³。

③构造数据

容积：5000m³；直径：21 米；边缘密封：管式充液式密封，浮盘类型：铆接浮筒式，人孔数量：2 个，计量井：1 个，采样井：1 个，浮盘支腿：90 个，边缘通气孔：8 个，真空阀：2 个。

④周转数据

2014 年该罐的年周转量：10×10⁴t/a。

第二步：计算各附件损耗

结合案例提供的相关信息和数据，代入相应的公式，计算出内浮顶罐的边缘密封损耗、挂壁损耗、浮盘附件损耗和盘缝损耗。

①边缘密封损耗

通过输入以下参数：当地大气压、汽油在 25℃时的真实蒸汽压，计算出蒸汽压函数为 0.14；再将半径、油气分子量、密封类型、产品代入公式，结合 AP-42 源强手册提供的密封损耗系数和油品因子系数，计算得出边缘密封损耗量为 4.4t。

②挂壁损耗

通过输入年周转量、容积、液体密度代入公式，结合 AP-42 源强手册提供的油垢因子系数，计算得出挂壁损耗量为 4.85t。

③浮盘附件损耗

通过输入各类附件的数量（人孔数量：2 个，计量井：1 个，采样井：1 个，浮盘支腿：90 个，边缘通气孔：8 个，真空阀：2 个，楼梯井 1 个），结合 AP-42 源强手册提供的浮盘附件损耗系数，计算得出挂壁损耗量为 1.71t。

④浮盘盘缝损耗

通过输入浮盘的类型，结合 AP-42 源强手册提供的浮盘盘缝损耗系数，计算得出盘缝损耗量为 14.66t。

2014 年该储罐的总损耗 = 边缘密封损耗+挂壁损耗+浮盘附件损耗+盘缝损耗 = 24.54t。

四、有机液体装卸挥发损失相关附录

(一) 附录四.1 资料收集

附表四-1 企业装卸设施基本信息情况表

项目	内容	备注
企业名称		
装车场 (个)		
装车站台 (个)		
装车鹤位 (个)		
装载物料		经汽车、火车或船舶装车运载的所有物料
装载量 (t/a)		经汽车、火车或船舶装车运载的所有物料量的年装载量
装载形式		主要装载形式包括：汽车装载、火车装载、船舶装载
油气回收设施		油气回收设施的基本信息：油气回收设施套数、规模、工艺、效率等
密封形式		包括：密封式快速接头、平衡式密封罩、橡胶密封帽及其它形式等

附表四-2 装卸油气回收设施 VOCs 排放量收集或实测数据表

序号	油气回收设施服务对象	装载物料	监测日期	装载物料温度 (°C)	油气回收设施入口 VOCs 浓度 (mg/m ³)	油气回收设施出口 VOCs 浓度 (mg/m ³)	油气回收设施入口 气体流量 (m ³ /h)	油气回收设施出口 气体流量 (m ³ /h)	油气回收设施 投用率 %	罐车装载前罐内 VOCs 浓度 (mg/m ³)	实际装载温度 (°C)	装载物料的真实蒸汽压 (Pa)	装载物料气相分子量 (g/mol)	装载物料密度 (kg/m ³)
1														
2														
3														
...														

备注：a：对于附表四-2 中斜体字为选填内容，其余为必填内容；

b：装载物料密度、装载物料油气分子量进行实测时，核算采用实测值；若未进行实测时，在附表三-19 中进行选取；若附表三-19 中无相关数值时，选取则取设计值或标准值的上限值；

c：载物料的真实蒸汽进行实测时，核算采用实测值；若未进行实测，可在附表三-19 进行选取或公式 0-29 进行计算；若附表三-19 中无相关值或无法用公式 0-29 进行计算时，选取设计值或标准值的上限值；

d：实际装载温度进行实测时，核算采用实测值，若未进行实测，则可用装载物料温度进行计算。

附表四-3 公式法核算公路或铁路装载过程 VOCs 损耗相关参数

序号	装载物料	装载方式 ^a	罐车情况 ^b	鹤管形式 ^c	装载液体温度 (°C)	雷德蒸汽压 (Pa) ^d	蒸气分子量 (g/mol)	油品密度 (kg/m ³)	年周转量 (t/a)	年回收油气量 (t/a)	油气回收控制效率 (%)	油气回收设施投用率 (%)
1												
2												
3												
...												

备注：a：装载方式包括液下装载、底部装载、喷溅式装载。

b：罐车情况报矿新罐车或清洗后的罐车、正常工况（普通）的罐车。

c：鹤管形式包括大鹤管和小鹤管。

d：雷德蒸汽压为物料 37.8°C 时的真实蒸汽压。

附表四-4 公式法核算船舶装载过程 VOCs 损耗相关参数

序号	装载物料	船型 ^a	舱体情况 ^b	装载方式 ^c	上次装载物质 ^d	装载液体温度 (°C)	装载液体真实蒸汽压/雷德蒸汽压 (kPa)	油品密度 (kg/m ³)	蒸气分子量 (g/mol)	油气回收控制效率 (%)	油气回收设施投用率 (%)
1											
2											
3											
...											

备注：a：船型包括油轮/远洋驳船、驳船，其中油轮/远洋驳船的船舱深度约为 12.2m，驳船的船舱深度约在 3.0-3.7m。

b：舱体情况包括未清洗、装有压舱物、清洗后/无油品蒸气、无油品蒸气*（从未装载挥发性液体，舱体内部没有 VOCs 蒸气）；典型总体状况（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）。

c：装载方式包括液下装载、非液下装载。

d：上次装载物质包括挥发性物质（指真实蒸气压大于 10kPa 的油品）、非挥发性物质。

附表四-5 系数法核算公路或铁路装载过程 VOCs 损耗相关参数

序号	装载物料	装载方式 ^a	罐车情况 ^b	鹤管形式 ^c	年周转量 (t/a)	油品密度 (kg/m ³)	年回收油气量 (t/a)	油气回收控制效率(%)	油气回收设施投用率(%)
1									
2									
3									
...									

备注：a：装载方式包括液下装载、底部装载、喷溅式装载。

b：罐车情况包括新罐车或清洗后的罐车、正常工况（普通）的罐车。

c：鹤管形式包括大鹤管、小鹤管。

附表四-6 系数法核算船舶装载过程 VOCs 损耗相关参数

序号	装载物料	船型 ^a	年周转量 (t/a)	油品密度 (kg/m ³)	年回收油气量 (t/a)	油气回收控制效率 (%)	油气回收设施投用率 (%)
1							
2							
3							
...							

备注：a：船型：分为远洋驳船和驳船。

(二) 附录四.2 合规性检查表

附表四-7 企业装卸设施检查表

装载油品	检查内容	达标判定	达标判定依据
装载油品为挥发性有机液体	是 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/>	采用顶部浸没式或底部装载方式
		不达标 <input type="checkbox"/>	采用喷溅式装载方式
	否 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/>	采用顶部浸没、底部装载或喷溅式装载方式
装载油品为原油或高挥发性有机物或危险化学品	是 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/>	采用全密闭装载方式并设置油气收集、回收处理装置
		不达标 <input type="checkbox"/>	未采用全密闭装载方式或未设置油气收集、回收处理装置
	否 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/>	对装载方式或是否设置油气收集、回收处理装置无具体要求
装载油品为有毒有害气体或者粉尘物质	是 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/>	采取密闭措施或者其它防护措施
		不达标 <input type="checkbox"/>	未采取密闭措施或者其它防护措施
	否 <input type="checkbox"/>	达标 <input type="checkbox"/>	未对环保措施提出具体要求

(三) 附录四.3 核算方法

1. 实测法

$$E_{\text{装卸}} = Q_0 - Q_1 + Q_2 \quad (0-44)$$

$$Q_0 = V \times C_0 \times 10^{-3} \quad (0-45)$$

$$Q_1 = V_1 \times C_1 \times t_{\text{投用}} \times 10^{-9} \quad (0-46)$$

$$Q_2 = V_2 \times C_2 \times t_{\text{投用}} \times 10^{-9} \quad (0-47)$$

$$C_0 = 1.20 \times 10^{-4} \times \frac{P_T \cdot M}{T + 273.15} \quad (0-48)$$

式中：

$E_{\text{装卸}}$ 装载过程 VOCs 排放量，t/a；

Q_0 装载物料的 VOCs 理论挥发量，t/a；

Q_1 进入油气回收设施的 VOCs 量，t/a；

Q_2 从油气回收设施出口排入大气的 VOCs 量，t/a；

C_0 装载罐车气、液相处于平衡状态，将挥发物料看做理想气体下的物料密度， kg/m^3 ；

- C_1 油气回收设施进口 VOCs 浓度, mg/m^3 ;
- C_2 油气回收设施出口 VOCs 浓度, mg/m^3 ;
- V 物料年周转量, m^3/a ;
- V_1 油气回收设施进口气体流量, m^3/h ; 如果不进行监测, 可认为入口流量等于出口流量;
- V_2 油气回收设施出口气体流量, m^3/h ;
- $t_{\text{投用}}$ 油气回收设施实际年投用时间, h ;
- T 实际装载温度, $^{\circ}\text{C}$;
- P_T 温度 T 时装载物料的真实蒸气压, Pa ;
- M 油气的分子量, g/mol ;
- 1.2×10^{-4} 单位转换系数。

若无法监测油气处理系统进、出口浓度时, 对于挥发油气进行回收再利用的回收设施, 可以采用收集的物料量表示经油气处理系统处理掉的物料量 (即: $Q_1 - Q_2$)。

例四-1 实测法计算铁路装载汽油过程 VOCs 排放情况

某项目生产的汽油每年通过火车运出 40 万吨, 采用普通液下装载方式, 罐车为正常工作 (普通) 的罐车, 经检测汽油密度 $730\text{kg}/\text{m}^3$, 蒸气密度 $558.75\text{kg}/\text{m}^3$, 装载温度 25°C , 装载温度下的蒸气压 32.9kPa , 蒸气分子量 $66\text{g}/\text{mol}$, 油气回收设施进出口浓度分别为 $840\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.2\text{g}/\text{m}^3$, 出口气体流量为 $80\text{m}^3/\text{h}$, 油气回收设施年投用时间为 4000h , 估算装卸过程中 VOCs 排放量。

解: 装载过程 VOCs 排放量计算如下:

$$E_{\text{装卸}} = Q_0 - Q_1 + Q_2$$

$$Q_0 = V \times C_0 \times 10^{-3}$$

$$= \frac{4 \times 10^8}{730} \times 1.20 \times 10^{-4} \times \frac{32900\text{Pa} \times 1.0 \times 66\text{g}/\text{mol}}{25 + 273.15} \div 1000 = 478.88\text{t}/\text{a}$$

$$Q_1 = V_1 \times C_1 \times t_{\text{投用}} \times 10^{-9}$$

$$= 80 \times 840000 \times 4000 \times 10^{-9} = 268.8\text{t}/\text{a}$$

$$Q_2 = V_2 \times C_2 \times t_{\text{投用}} \times 10^{-9}$$

$$= 80 \times 200 \times 4000 \times 10^{-9} = 0.064\text{t}/\text{a}$$

装载过程 VOCs 年排放量为:

$$E_{\text{装卸}} = 478.88 - 268.8 + 0.064 = 210.144t/a$$

2.公式法

$$E_{\text{装卸}} = \frac{L_L \times V}{1000} \times (1 - \eta_{\text{总}}) \quad (0-49)$$

$$\eta_{\text{总}} = \eta_{\text{收集}} \times \eta_{\text{处理}} \times \eta_{\text{投用}} \quad (0-50)$$

$$\eta_{\text{收集}} = Q_1 \div Q_0 \quad (0-51)$$

$$\eta_{\text{处理}} = (Q_1 - Q_2) \div Q_1 \quad (0-52)$$

$$\eta_{\text{投用}} = t_{\text{投用}} \div t_{\text{理论}} \quad (0-53)$$

式中：

L_L 装载损耗排放因子， kg/m^3 ；

$\eta_{\text{总}}$ 总控制效率，%；

$\eta_{\text{收集}}$ 收集效率，%；

$\eta_{\text{处理}}$ 处理效率，%；

$\eta_{\text{投用}}$ 投用效率，%；

$t_{\text{投用}}$ 油气回收设施实际年投用时间，h；

$t_{\text{理论}}$ 伴随油气装载过程理论运行时间，h。

当装卸系统未设蒸气平衡/处理系统时，则总控制效率 $\eta_{\text{总}}$ 取 0。

当真空装载，保持真空度小于-0.37 千帕；或罐车与油气收集系统法兰连接、硬管螺栓连接时，则总控制效率 $\eta_{\text{总}}$ 取 100%

(1) 公路、铁路装载过程损耗排放因子

$$L_L = C_0 \times S \quad (0-54)$$

式中：

S 饱和因子，代表排出的挥发物料接近饱和的程度，饱和

因子的选取见附表四-8；

C_0 装载罐车气、液相处于平衡状态，将挥发物料看做理

想

气体下的物料密度， kg/m^3 ；见公式（0-47）。

附表四-8 公路、铁路装载损耗计算中饱和因子

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	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	1.0

例四-2 公式法计算铁路装载汽油过程 VOCs 排放情况

某项目生产的汽油每年通过火车运出 40 万吨，采用普通液下装载方式，罐车为正常工况（普通）的罐车，汽油密度 730kg/m^3 ，蒸气压 40kPa ，蒸气分子量 68g/mol ，平均装载温度 25°C ，油气回收的总效率为 50%，估算装卸过程中 VOCs 排放量。

解：装载过程 VOCs 排放量计算如下：

$$E_{\text{装卸}} = \frac{L_L \times V}{1000} \times (1 - \eta_{\text{总}})$$

$$L_L = 1.20 \times 10^{-4} \times \frac{P_T \cdot S \cdot M}{T + 273.15}$$

$$= 1.20 \times 10^{-4} \times \frac{59300\text{Pa} \times 1.0 \times 68\text{g/mol}}{25 + 273.15} = 1.09\text{kg/m}^3$$

装载过程 VOCs 年排放量为：

$$E_{\text{装卸}} = \frac{L_L \times V}{1000} \times (1 - \eta_{\text{总}}) = \frac{1.09\text{kg/m}^3 \times 4 \times 10^8\text{kg} \div 730\text{kg/m}^3}{1000} \times (1 - 50\%)$$

$$= 298.63\text{t/a}$$

（2）船舶装载过程损耗排放因子

① 船舶运输原油时：

$$L_L = L_A + L_G \quad (0-55)$$

式中：

L_A 已有排放因子，指装载前空舱中已有的蒸气在装载损耗中的贡献；

L_G 生成排放因子，指在装载过程中气化的部分。

已有排放因子 L_A 的值随货舱条件不同，在附表四-9 中列出。

附表四-9 装载原油时的已有排放因子 L_A

船舱情况	上次装载	已有排放因子 L_A (kg/m^3)
------	------	----------------------------------

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：挥发性物质是指真实蒸气压大于 10kPa 的油品。

生成排放因子 L_G 值可用以下经验公式来进行计算：

$$L_G = 0.102 \times (0.064P - 0.42) \frac{M \times G}{273.15 + T} \quad (0-56)$$

式中：

L_G 生成排放因子， kg/m^3 ；

P 温度 T 时装载原油的饱和蒸气压， kPa ；

M 蒸气的分子量， g/mol ；

G 蒸气增长因子 1.02，无量纲；

T 装载时蒸气温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

0.102 单位转换系数。

② 船舶运输汽油时：

装载损耗排放因子 L_L 的取值具体见附表四-10。

附表四-10 船舶装载汽油时损耗排放因子 L_L

舱体情况	上次装载物	油轮/远洋驳船 ^a	驳船 ^b
		kg/m^3	kg/m^3
未清洗	挥发性	0.315	0.465
装有压舱物	挥发性	0.205	驳船不压舱
清洗后	挥发性	0.180	无数据
无油品蒸气 ^c	挥发性	0.085	无数据
任何状态	不挥发	0.085	无数据
无油品蒸气	任何货物	无数据	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 12.2m）表现出排放水平与油轮相似。

b：驳船（船舱深度 3.0-3.7m）则表现出更高的排放水平。

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：

装载损耗排放因子 L_L 可利用公路、铁路装载石油制品过程的计

算公式进行估算，附表四-11 给出了船舶装载汽油和原油以外油品饱和因子 s 的数值。

附表四-11 船舶装载汽油和原油以外的油品时饱和因子 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

3. 系数法

(1) 公路及铁路装载

附表四-12 为典型的公路及铁路装载特定情况下装载损耗排放因子。

附表四-12 铁路和公路装载损耗排放因子 (kg/m³)

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：附表四-12 基于设计或标准中雷氏蒸气压最大值核算，装载温度取 25℃。

(2) 船舶装载

附表四-13 为船舶装载的最大装载损耗排放因子。

附表四-13 船舶装载损耗排放因子^a (kg/m³)

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	见附表四-10	0.073	0.060	0.00063	0.00055	0.000004
驳船	见附表四-10	0.12	0.15	0.0016	0.0014	0.000011

注：a：排放因子基于 16℃ 油品获取，表中汽油数据采集对象雷氏蒸气压为 69kPa。原油数据采集对象雷德蒸气压 34 kPa。

b：汽油损耗排放因子从附表四-10 中选取。

例四-3 排放系数法计算火车装载汽油时的 VOCs 排放量

某项目生产的汽油每年通过火车运出 40 万吨，汽油密度 730kg/m^3 ，采用普通液下装载方式，罐车为正常工况（普通）的罐车，油气回收的总效率为 50%，估算装卸过程中 VOCs 排放量。

解：采用排放系数法估算火车装载汽油过程 VOCs 排放量：

$$E_{\text{装卸}} = \frac{L_L \times V}{1000} \times (1 - \eta_{\text{总}})$$
$$= 0.001 \times \frac{400000}{0.73} \times 1.624 \times (1 - 50\%) = 444.93t / a$$

五、废水集输、储存、处理处置过程逸散相关附录

(一) 附录五.1 合规性检查表

附表五-1 废水处理过程 VOCs 污染控制检查表

检查项目	检查内容	检查结果	达标判定依据
收集系统	密闭收集处理措施	达标 <input type="checkbox"/>	在收集过程中，采取有效的密闭收集处理措施
		不达标 <input type="checkbox"/>	在收集过程中，未采取有效的密闭收集处理措施
隔油、浮选		达标 <input type="checkbox"/>	在隔油、浮选过程中，采取有效的密闭收集处理措施
		不达标 <input type="checkbox"/>	在隔油、浮选过程中，未采取有效的密闭收集处理措施
生化系统		达标 <input type="checkbox"/>	在生化过程中，采取有效的密闭收集处理措施
		不达标 <input type="checkbox"/>	在生化过程中，未采取有效的密闭收集处理措施
废气收集处理	运行维护	达标 <input type="checkbox"/>	采用废气处理措施，并有效、稳定运行
		不达标 <input type="checkbox"/>	采用废气处理措施，运行效果差，排放不达标

(二) 附录五.2 核算方法调查表

附表五-2 企业废水收集和处理系统 VOCs 排放量核算表（实测法）

序号	废气处理设施名称	废气收集范围	废气排放量 (Nm ³ /h)	处理前挥发性有机物浓度平均值 (mg/L)	排气筒出口挥发性有机物浓度平均值 (mg/L)	处理效率 (%)	VOCs 排放量	备注
1								
2								

3								
...								
总计								

附表五-3 企业废水收集和处理系统 VOCs 排放量核算表（物料衡算法）

收集处理系统			流量 (m ³ /h)	EVOC (mg/L)	VOCs 排放量 (t/a)	备注
收集系统	集水区域 1	收集支线 1	收集井 (始)			
		收集支线 2	收集井 (始)			
		...				
		收集支线 n	收集井 (始)			
		区域 2 集水井	集水井 (出)			
	集水区域 2	收集支线 1	收集井 (始)			
		收集支线 2	收集井 (始)			
		...				
		收集支线 n	收集井 (始)			
		区域 2 集水井	集水井 (出)			
...						
处理系统	隔油池	进口				
		出口				
	气浮池	进口				
		出口				
	澄清池	进口				
		出口				
	污泥池	进口				
		出口				
	...					
	总计					

附表五-4 企业废水处理系统 VOCs 排放量估算参数调查表^a (模型算法——Water9 软件)

处理系统构筑物	构筑物参数				废水处理系统进水污染物浓度							
	构筑物长×宽×有效水深 (m)	构筑物池数 (个)	设备机械功率与转数	曝气量 (m ³ /s)	流量 m ³ /h	水温 (°C)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	总有机碳 (mg/L)	石油类 (mg/L)	COD (mg/L)	
隔油池												
气浮池												
生化池												
澄清池												
污泥池												
...												
废水处理系统总进水 VOCs 种类及其浓度												
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
物质名称												
浓度 (mg/L)												
Water9 估算结果												
	收集系统				处理系统						总计	
构筑物名称	集水区域 1	集水区域 2	...	集水区域 n	隔油池	气浮池	生化池	澄清池	污泥池	...		
VOCs 排放量 (t/a)												

a: 废水收集系统及处理系统其它参数请参照 Water9 软件具体要求。

附表五-5 企业废水收集和处理系统 VOCs 排放量核算表（排放系数法）

序号	废水设施名称	流量 (m ³ /h)	排放系数 (kg/m ³)	VOCs 排放量 (t/a)	备注
1					
2					
3					
...					
总计					

(三) 附录五.3 核算方法说明

1. 实测法

适用于加盖并设废气处理设施的废水收集和处理系统,通过测定废气处理设施出口废气流量和 VOCs 浓度计算 VOCs 排放量。

$$VOCs = \sum_i^n (Q_i \times C_{VOCs,i}) \quad (0-57)$$

式中:

VOCs 挥发性有机物逸散量 (mg/h);

Q 废气处理设施出口废气流量 (m³/h);

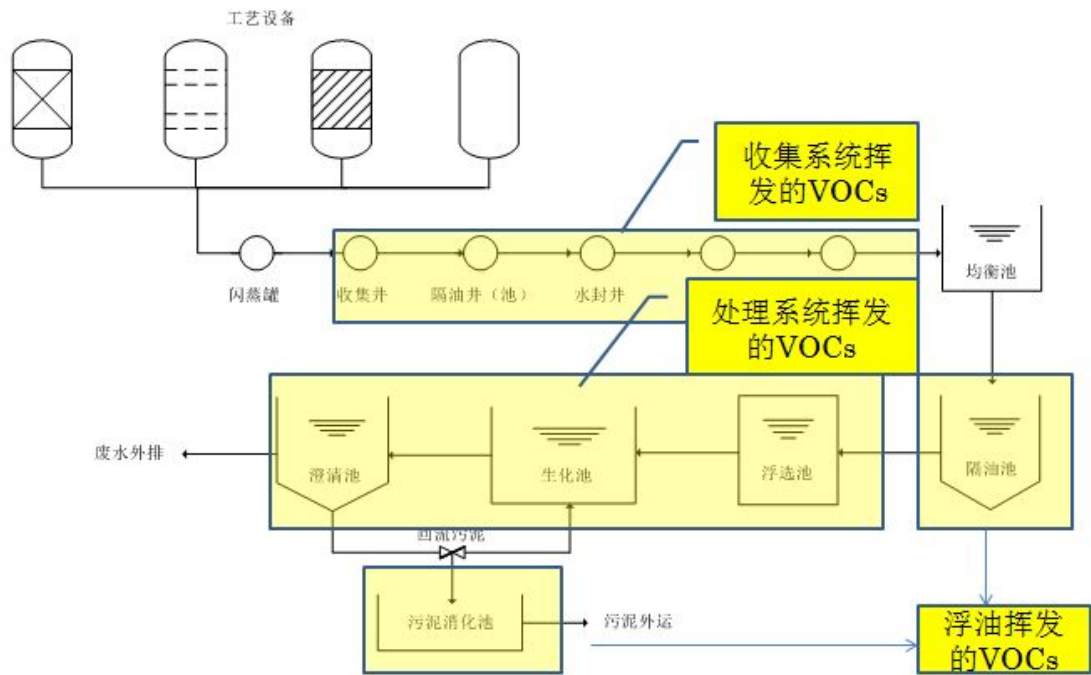
C_{VOCs} 废气中 VOCs 浓度 (mg/m³)。

2. 物料衡算法

适用于未加盖、加盖但废气未收集处理以及加盖处理但废气处理设施排气未监测的废水收集和处理设施。

(1) 方法

根据物料衡算原理,废水收集及处理系统 VOCs 逸散总量主要包括两部分:收集系统集水井、调节罐、浮选池和隔油池等设施中油层 VOCs 逸散量以及废水收集支线和废水处理厂水相中 VOCs 逸散量。



附图五.1 污水处理及收集系统 VOCs

$$\text{VOCs} = \Delta \text{VOCs}_{\text{油相}} + \Delta \text{VOCs}_{\text{水相}} \quad (0-58)$$

式中：

$\Delta \text{VOCs}_{\text{油相}}$ 收集系统集水井、处理系统浮选池和隔油池中油层 VOCs 逸散量；

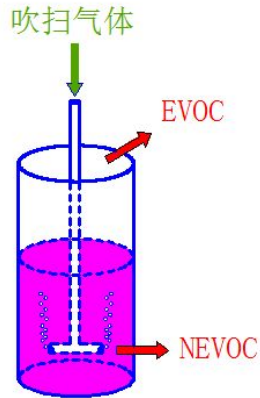
$\Delta \text{VOCs}_{\text{水相}}$ 废水收集支线和废水处理厂水相中 VOCs 逸散量。

(2) 实现途径

① 废水 VOCs 表征

废水中 VOCs 物质复杂多样，如单独测定废水中每种 VOCs 物质的量，进而获得 VOCs 总量，则监测工作量过大；而当前废水 VOCs 估算工作中更关注 VOCs 总量。

废水中 VOCs 分为逸散性挥发性有机物 EVOCs 和非逸散性挥发性有机物 NEVOCs，逸散性挥发性有机物是样品在室温下，用气流吹扫可将其除去的 VOCs 部分。



附图五.2 逸散性挥发性有机物 EVOCS 测定原理示意图

逸散性挥发性有机物通过总有机碳仪及相关吹扫组件进行监测，以碳计，方法成熟、代表性强，通过 EVOCS 估算废水 VOCs 逸散总量的方法则具备较强的可行性和可靠性。

②计算

A. $\Delta\text{VOCs}_{\text{油相}}$

可通过美国 AP-42 进行估算，其中浮油真实蒸汽压需进行实测，如无实测，采用汽油指标进行计算。

B. $\Delta\text{VOCs}_{\text{水相}}$

废水收集和处理系统各工段 VOCs 逸散，即 ΔVOCs 可通过各工段进出水 EVOCS 差值，即 ΔEVOCS 实现估算。

$$\text{VOCs} = \sum_i^n Q_i \times (\text{EVOCS}_{\text{进水}, i} - \text{EVOCS}_{\text{出水}, i}) \quad (0-59)$$

式中：

VOCs 该废水收集或处理设施的挥发性有机物逸散量；

Q 该废水收集或处理设施的废水流量；

$\text{EVOCS}_{\text{进水}}$ 废水收集或处理设施进水中的逸散性挥发性有机物浓度；

$\text{EVOCS}_{\text{出水}}$ 废水收集或处理设施出水中的逸散性挥发性有机物浓度。

3.模型计算法

目前国外常用计算机软件有 Water9、Toxchem+、Fate、Baste、Corol 等五类。其中，Water9 为美国 EPA 推荐使用，也是当前使用最广泛的软件；Toxchem+由 Enviromege 公司开发，仅提供试用版。相关功能比较如下表。

附表五-6 逸散量计算软件功能比较表

处理单元	Water9	Toxchem+	Fate	Baste	Coral
曝气沉砂池	√	√	√	√	
初沉池	√	√		√	
活性污泥池	√	√	√	√	
生物滤池	√	√		√	
澄清池	√	√		√	
氧化塘	√			√	
废水收集	√	√			√

由表可知，Water9 功能较为齐全。因此，采用模型计算法时推荐采用 Water9 软件。软件下载及使用说明请参见：

http://www.epa.gov/ttn/chief/software/water/water9_3/。

Water9 计算所需输入参数如下：

(1) 废水与大气参数

处理水量 (m^3/d)、水温、TDS、TSS、挥发性有机物成分及其水中浓度、水面风速 (cm/s)、气温等指标。

(2) 废水处理单元参数

附表五-7 列出了可利用 Water9 计算挥发性有机物逸散量的废水收集与处理单元。这些单元必须输入相关参数：池数、池面尺寸（长×宽）、有效水深、设备机械功率与转数、曝气设备曝气量、处理单元是否加盖等，数据可通过设计资料或现场测量获取。

附表五-7 可利用 Water9 计算挥发性有机物逸散量的废水收集与处理单元

设备单元	所需设备规格信息
废水收集单元	排放口、检查井、检修口、泵站、废水管道共五类。
废水处理单元	格栅、砂水分离器、明渠、混合池、初沉池、调节池、滴滤池、曝气生物池、活性污泥池、表面曝气生物池、冷却塔、澄清池、油水分离器、储罐、油膜单元、稳定塘、跌水、出水、加盖分离器共十九类。

(3) 挥发性有机物性质

挥发性有机物水中溶解度、扩散系数、生物分解常数 (mg/g biomass.hr) 等。可使用 Water9 设定值计算液-气相传质量, 或自行修改自带参数计算挥发性有机物逸散量。

上述参数在现场测量并取水样进行分析后, 输入 Water9, 即可获得各单元挥发性有机物成分逸散量。挥发性有机物在 Water9 中的三种存在形式: 逸散至大气中、被生物分解、留存于废水中。

经 Water9 计算可以获得污水处理厂各单元, 挥发性有机物进入后, 逸散进入大气 (emission into the atmosphere)、留存于水体 (dissolved in water) 及随出水流出的挥发性有机物量 (mass flow, g/h) 与挥发性有机物总量的比例。

4. 排放系数法

根据美国 AP-42 和台湾地区废水 VOCs 估算资料, 石化废水处理排放系数如附表五-8。

附表五-8 石化废水处理设施 VOCs 逸散量排放系数

适用范围	单位排放强度 (kg/m ³)	备注
废水处理场-废水处理设施	0.005	排放量 (kg) = 排放系数 × 废水处理量 (m ³)
油水分离池	0.6	1. 排放量 (kg) = 排放系数 × 废水处理量 (m ³)。 2. 适用于未加盖或未设置废气收集处理系统。
	0.024	1. 排放量 (kg) = 排放系数 × 废水处理量 (m ³)。 2. 适用于设置废气收集处理系统。

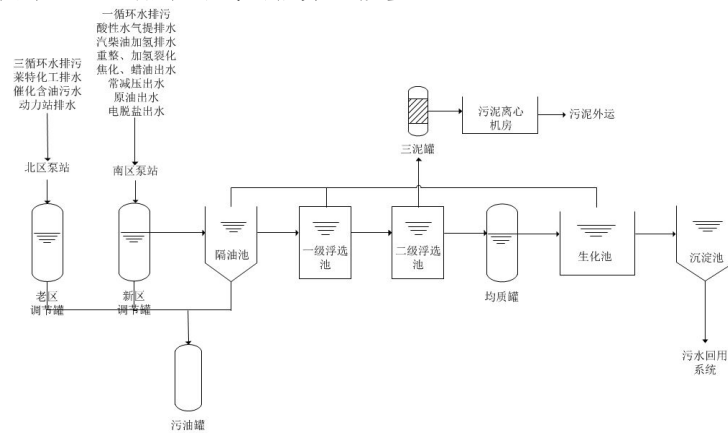
废气收集处理系统的控制效率按实际监测效果确定。

例五-1 某石化厂污水收集及处理系统 VOCs 排放量计算

废水收集和处理系统 VOCs 逸散量的估算会使用一种及一种以上的估算方法。在资料和现场调查的基础上, 针对不同环节的具体情况各类估算方法的适用范围, 综合选用相应的方法。

以某石化厂废水收集及处理系统为例, 见下图。各股废水通过南区和北区泵站进入相应的污水调节罐后, 经隔油池、一级浮选、二级浮选、均质罐、生化池处理后, 通过澄清池进入污水回用处理系统。

废水收集系统未采取密闭措施，拟采用物料衡算法估算逸散量。处理系统隔油池、一级浮选、二级浮选、生化池均加盖，废气收集处理，且排气口有环保部门监测数据，拟采用实测法估算逸散量。含浮油设施主要为废水处理系统的4个储罐，储罐类型均为固定顶罐，未安装呼吸阀，拟采用AP-42储罐公式法估算逸散量。



1. 收集系统 Δ VOCs 水相

收集系统挥发性有机物逸散量采用物料衡算法，用 Δ VOC 表示，

$$\Delta VOCs = \sum_{i=1}^n Q_i \times EVOCs - Q \times EVOC$$

北区收集系统：

$$\Delta VOCs = \sum_{i=1}^n Q_i \times EVOCs - Q \times EVOC$$

$$= \left[(15m^3/h \times 26.6mg/L + 20m^3/h \times 5.4mg/L + 38m^3/h \times 42.3mg/L + 7.5m^3/h \times 23mg/L) - 80.5m^3/h \times 1.9mg/L \right] \times 24 \times 365 \times 10^{-6}$$

$$= 18.69t/a$$

南区收集系统与北区收集系统的计算方法类似，为 198.91t/a。

2. 处理系统 Δ VOCs 水相

隔油池、一级浮选、二级浮选、生化池均加盖密封，气体收集经生物滴滤法去除，已知生物除臭排气筒的非甲烷烃出口浓度 197mg/m³ 和气量 27905m³/h，假设非甲烷总烃等于 VOCs，采用实测法对 VOCs 逸散量进行估算，VOCs 总排放量为 48.15t/a。

$$\Delta VOCs = Q \times VOC$$

$$= 27905m^3/h \times 197mg/m^3 \times 24 \times 365 \times 10^{-6}$$

$$= 48.15t/a$$

3. Δ VOCs 油相

储存罐油层挥发性有机物逸散量，即是含油层挥发性有机物逸散量，采用储罐 AP42 公式法计算，浮油性质以汽油计，周转量按每年浮油清理量计。经估算，一个调节罐静置条件下约 90t/a。一共四个调节罐，因此 Δ VOCs 油相为 360t/a。

4. 全厂 VOCs (以碳计)

$$VOCs = \Delta VOCs \text{ 油相} + \Delta VOCs \text{ 水相} = 18.69 + 198.91 + 48.15 + 360 = 625.75t/a.$$

六、其它源项相关附录

(一) 附录六.1 资料收集

1. 燃烧烟气排放 VOCs 数据表

附表六-1 固定燃烧源 VOCs 排放数据表（实测法）

序号	装置/设施名称	固定燃烧源名称	燃料种类	运行负荷 (%)	燃料消耗量 (t/h 或 m ³ /h)	运行时间 (h)	烟气监测数据							
							烟气量 (Nm ³ /h, 干基)	温度 (°C)	压力 (Pa)	水含量 (%v)	氧含量 (%v)	CO 含量 (%v)	VOCs 浓度 (mg/Nm ³)	监测方法

附表六-2 锅炉 VOCs 排放数据表（系数法）

序号	设施名称	锅炉名称	燃料种类	锅炉形式	运行负荷 (%)	燃料消耗量 (t/h 或 m ³ /h)	运行时间 (h)	填报日期

2. 工艺有组织排放 VOCs 数据表

附表六-3 工艺装置有组织废气 VOCs 排放数据表（实测法）

序号	装置名称	装置规模 (10 ⁴ t/a)	工艺排 放口 名称	运行负 荷(%)	处 理 设 施 名 称	处 理 设 施 效 率 (%)	运 行 时 间 (h)	废气排放参数							监 测 方 法	监 测 日 期
								废 气 量 (Nm ³ /h, 干基)	温 度 (°C)	压 力 (Pa)	水 含 量 (%v)	氧 含 量 (%v)	CO 含 量(%v)	VOCs 浓 度 (mg/Nm ³)		

附表六-4 延迟焦化装置焦碳塔开盖过程 VOCs 排放数据表（系数法）

序号	装置名称	装置规模 (10 ⁴ t/a)	生焦周期 (h)	焦碳塔配置	单次循环焦碳塔个数	年运行时间 (h/a)	填报日期

3.火炬排放 VOCs 数据表

附表六-5 火炬燃烧废气 VOCs 排放数据表（物料衡算法）

序号	火炬名称	服务装置/单元	运行时间 (h)	监测数据				
				火炬气流量 (m ³ /h)	火炬气组成	火炬气温度(℃)	火炬气压力 (atm)	监测日期

附表六-6 火炬燃烧废气 VOCs 排放数据表（热值系数法）

序号	火炬名称	服务装置/单元	运行时间 (h)	监测数据			
				火炬气流量(m ³ /h)	火炬气组成	火炬气热值	监测日期

附表六-7 火炬燃烧废气 VOCs 排放数据表（工程估算法）

序号	火炬名称	服务装置/单元	长明灯燃料种类	长明灯燃料流量 (m ³ /h)	助燃气体种类	助燃气体流量 (m ³ /h)	火炬燃烧顺序	火炬燃烧时间 (h)	火炬头温度 (℃)	气柜规模 (m ³ /h)	火炬气流量	火炬气组成	填报日期
							第 1 次						
							第 2 次						
							第 3 次						

4.延迟焦化装置无组织废气 VOCs 数据表

附表六-8 装置无组织废气 VOCs 排放数据表

序号	装置/单元名称	装置规模 (10 ⁴ t/a)	装置进料量 (kg/h)	年运行时间 (h/a)	填报日期

5.非正常工况（含开停工及检修）排放 VOCs 数据表

附表六-9 停工、检修 VOCs 排放数据表（气体加工容器）

序号	装置/单元名称	压力容器名称	设备容积 (m ³)	体积空置分数	气体置换时长 (h)	泄压气体排入大气时容器的温度 (°C)	泄压气体排入大气时容器的压力 (Pa)	气体物料组成	停工、检修进行置换的次数 (次/年)	填报日期

附表六-10 停工、检修 VOCs 排放数据表（液体加工容器）

序号	装置/单元名称	压力容器名称	设备容积 (m ³)	体积空置分数	容器泄压、清洗、吹扫顺序	挥发性清洗溶剂用量	挥发性清洗溶剂处置	清洗、吹扫时长 (h)	液体物料组成	年停工吹扫次数 (次/年)	填报日期

6.6. 冷却塔、循环水冷却系统 VOCs 数据表

附表六-11 循环水冷却塔 VOCs 排放数据表（汽提气监测法）

序号	循环水场名称	服务范围	规模 (m ³ /h)	冷却塔类型	操作温度 (°C)	操作压力 (Pa)	汽提空气流量 (m ³ /h)	水循环流量 (m ³ /h)	运行时间 (h)	监测数据			
										冷却塔汽提空气出口 VOCs 浓度 (ppmv)	冷却水密度 (kg/m ³)	监测方法	监测日期

附表六-12 循环水冷却塔 VOCs 排放数据表（物料衡算法）

序号	循环水场名称	服务范围	规模 (m ³ /h)	水循环流量 (m ³ /h)	运行时间 (h)	监测数据					
						冷却塔入口水中总有机碳 (mg/L)	冷却塔入口水中 EVOCs (mg/L)	冷却塔出口水中总有机碳 (mg/L)	冷却塔出口水中 EVOCs (mg/L)	监测方法	监测日期

附表六-13 循环水冷却塔 VOCs 排放数据表（系数法）

序号	循环水场名称	服务范围	规模 (m ³ /h)	冷却塔类型	水循环流量(m ³ /h)	运行时间 (h)	填报日期

(二) 附录六.2 核算方法

1. 燃烧烟气排放 VOCs 排放估算方法

固定燃烧源燃烧烟气主要是指各类加热炉、锅炉、内燃机和燃气轮机等设施燃烧过程产生的烟气，在燃烧过程中产生的和未燃烧的 VOCs 排入大气，其排放量计算公式为：

$$E_{\text{燃烧烟气}} = \sum E_{\text{燃烧烟气}i} \quad (0-60)$$

式中：

$E_{\text{燃烧烟气}}$ 燃烧烟气 VOCs 排放量，t/a；

$E_{\text{燃烧烟气}i}$ 第 i 个设施排气筒的 VOCs 排放量，t/a。

(1) 实测法

$$E_{\text{燃烧烟气}i} = Q_i \times C_i \times H \times 10^{-9} \quad (0-61)$$

式中：

$E_{\text{燃烧烟气}i}$ 第 i 个设施排气筒的 VOCs 排放量，t/a；

Q_i 第 i 个设施排气筒的烟气排放量，Nm³（干基、标态）/h；

C_i 第 i 个设施排气筒的 VOCs 监测浓度，mg/Nm³（干基、标态）；

H 设施年运行时间，h/a。

例六-1 实测法计算固定燃烧源 VOCs 排放量

某装置加热炉燃烧烟气中 VOCs 监测浓度为 30mg/Nm³（干基），废气排放量为 120000Nm³（干基）/h，假设该加热炉为连续、稳定运行，年运行时间 8400h，核算该加热炉燃烧烟气中 VOCs 年度排放量。

解：该加热炉年度 VOCs 排放量计算如下：

$$\begin{aligned} E_{\text{VOCs}} &= C_i \times Q_i \times H \times 10^{-9} \\ &= 30 \times 120000 \times 8400 \times 10^{-9} \\ &= 30.2 \text{ t/a} \end{aligned}$$

(2) 排放系数法

$$E_{\text{燃烧烟气}i} = Q_{\text{fuel}} \times EF_i \times H \times 10^{-3} \quad (0-62)$$

式中：

$E_{\text{燃烧烟气}i}$ 第 i 个设施排气筒的 VOCs 排放量，t/a；

Q_{fuel} 燃料消耗量，煤 (t/h)、天然气 ($10^6\text{m}^3/\text{h}$)、液化石油气 ($10^3\text{m}^3/\text{h}$ ，液态)；

EF_i 排放系数，kg-VOCs/单位燃料消耗；

H 设施年运行时间，h/a。

例六-2 排放系数法计算固定燃烧源 VOCs 排放量

某燃煤锅炉为 130 t 循环流化床锅炉，消耗烟煤 17.85 t/h，锅炉年运行时间 8000 h，核算该锅炉燃烧烟气中 VOCs 年度排放量。

解：该燃煤锅炉年度 VOCs 排放量计算如下：

$$\begin{aligned} E_{\text{燃烧烟气}i} &= Q_{\text{fuel}} \times EF_i \times H \times 10^{-3} \\ &= 17.85 \times 0.03 \times 8000 \times 10^{-3} \\ &= 4.28 \text{ t/a} \end{aligned}$$

2. 工艺有组织排放 VOCs 排放估算方法

工艺有组织 VOCs 排放分为连续排放和间歇排放。连续排放主要包括催化裂化、连续重整、硫磺回收等炼油装置以及乙烯、聚乙烯、聚丙烯、苯酚丙酮、间苯二甲酸、橡胶等化工装置的工艺废气。间歇排放主要包括延迟焦化、半再生重整等炼油装置的工艺废气，VOCs 排放量计算公式为：

$$E_{\text{工艺废气}} = \sum E_{\text{工艺废气}i} \quad (0-63)$$

式中：

$E_{\text{工艺废气}}$ 有组织工艺废气 VOCs 排放量，t/a；

$E_{\text{工艺废气}i}$ 第 i 个设施工艺废气的 VOCs 排放量，t/a。

(1) 实测法

$$E_{\text{工艺废气}i} = Q_i \times C_i \times H \times 10^{-9} \quad (0-64)$$

式中：

$E_{\text{工艺废气}i}$ 第 i 个设施排气筒的 VOCs 排放量, t/a;

Q_i 第 i 个设施排气筒的烟气排放量, Nm^3 (干基、标态) /h;

C_i 第 i 个设施排气筒的 VOCs 监测浓度, mg/m^3 (干基、标态);

H 设施年运行时间, h/a。

例六-3 实测法计算工艺废气排气筒 VOCs 排放量

某生产装置排放工艺废气, 监测方式为定期人工采样分析, 监测频次为每季度监测一次, 每次连续三天进行监测, 第一到第四季度 VOCs 监测数据分别为:

第一季度: 废气量 $6000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、浓度 $60 \text{ mg}/\text{Nm}^3$,

第二季度: 废气量 $6200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、浓度 $75 \text{ mg}/\text{Nm}^3$,

第三季度: 废气量 $6500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、浓度 $80 \text{ mg}/\text{Nm}^3$,

第四季度: 废气量 $6000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、浓度 $55 \text{ mg}/\text{Nm}^3$,

装置为连续、稳定运行, 年运行时间 8760h , 核算该装置工艺废气中 VOCs 年度排放量。

解: 计算平均废气量、平均浓度:

$$\text{平均废气量} = \frac{6000+6200+6500+6000}{4} = 6175 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{平均浓度} = \frac{60+75+80+55}{4} = 67.5 \text{ mg} / \text{m}^3$$

该装置年度 VOCs 排放量计算:

解: 该装置年度 VOCs 排放量计算如下:

$$\begin{aligned} E_{\text{工艺有组织废气}i} &= Q_i \times C_i \times H \times 10^{-9} \\ &= 6175 \times 67.5 \times 8760 \times 10^{-9} \\ &= 3.65 \text{ t} / \text{a} \end{aligned}$$

(2) 物料衡算法

物料衡算法是以质量守恒定律为基础对某单元或生产过程排放 VOCs 进行估算:

$$E_{\text{工艺有组织废气}i} = \left[\sum_{j=1}^J (W_{\text{输入}i})_j - \sum_{k=1}^K (W_{\text{输出}i})_k \right] \times (1 - \eta_1 \times \eta_2) \quad (0-65)$$

式中:

E_i 工艺有组织废气中污染物 i 的排放量, t/a;

J 污染物 i 输入的环节个数, 如原料输入、各类助剂带

入等等；

j 污染物 i 输入的第 j 个环节；

$W_{\text{输入}i}$ 系统中污染物 i 输入的量，t/a；

K 污染物 i 输出的环节个数，如产品、副产品、废水、固废带出等等；

k 污染物 i 输出的第 k 个环节；

$W_{\text{输出}i}$ 系统中污染物 i 输出的量，t/a；

η_1 污染物 i 的回收或去除效率，%；

η_2 回收或去除装置的投用率，%

采用物料平衡法估算 VOCs 排放量时，需要分析生产工艺过程、物料组成、产品（副产品）转化率、污染物控制指标基本运行参数。

由于涉及的工艺过程种类繁多，情况复杂，不能就一而论。因此，企业应配备相关的工艺负责人对各自单元的情况进行合理的估算，提交估算方法、装置运行参数的取值和相关操作记录，以备核查。

某化工装置为连续、密闭生产过程，装置年运行时间 8760 小时。原料及产品均为挥发性有机物，原料 A 消耗量 76600 t/a、原料 B 消耗量为 213950 t/a，生产产品 289050 t/a，副产品 500 t/a、产生废油 950 t/a 和废气，废气经焚烧设施处理后高空排放，焚烧装置去除率为 98%，与主体装置同时开停，核算该装置工艺废气中 VOCs 年度排放量（假设废气全部为 VOCs，其它排放可忽略不计）。

解：该装置年度 VOCs 排放量计算：

$$\begin{aligned} E_{\text{工艺有组织废气}} &= \left[\sum_{j=1}^J (W_{\text{输入}i})_j - \sum_{k=1}^K (W_{\text{输出}i})_k \right] \times (1 - \eta_1 \times \eta_2) \\ &= [(76600 + 213950) - (289050 + 500 + 950)] \times (1 - 98\% \times 100\%) \\ &= 1 \text{ t/a} \end{aligned}$$

(3) 排放系数法

延迟焦化装置打开焦炭塔之前，少量 VOCs 从工艺排放口释放到大气中，VOCs 排放量计算公式为：

$$E_{\text{焦炭塔}i} = \frac{H}{T} \times EF_i \times N \quad (0-66)$$

式中：

$E_{\text{焦炭塔}i}$ 第 i 个焦化装置焦炭塔 VOCs 排放量，t/a；

H 延迟焦化装置年运行时间，h；

T 焦炭塔切焦周期，h/次；

EF_i 排放系数，每次切焦时 1 个焦炭塔排放 VOCs 的量，t；

N 每次切焦时焦炭塔的个数。

例六-4 排放系数法计算装置 VOCs 排放量

某厂延迟焦化装置加工规模为 200 万吨/年，采用“二炉四塔”方案，两塔一组切换操作，一组生焦、同时另一组冷焦和切焦，生焦周期 24 小时，装置连续、稳定运行，年运行时间 8760 小时，核算该装置焦炭塔有组织工艺废气中 VOCs 年度排放量。

解：计算延迟焦化装置焦炭塔有组织工艺废气中 VOCs 年排放量：

$$\begin{aligned} E_{\text{焦炭塔}i} &= \frac{H}{T} \times EF_i \times N \\ &= \frac{8760}{24} \times 0.0259 \times 2 \\ &= 18.91 \text{ t/a} \end{aligned}$$

3. 火炬排放 VOCs 排放估算方法

火炬排放 VOCs 的精确估算是很难实现的，因为火炬排放无法使用传统的测试技术进行测量。获取火炬 VOCs 排放量最准确的方法是对进入火炬前的气体进行连续检测，但一旦气体的成分和流量超出了监控装置的工作范围，将会得到不准确的排放结果，需要进行修正。

(1) 物料衡算法

该方法需要对进入火炬气体的成分和流量进行连续测量。当火炬为非连续工作时，在火炬工作状态下至少每 3 小时进行一次人工取样分析。另外，该方法中还假定一个火炬的燃烧效率，火炬在正常操作

过程中的燃烧效率至少为 98% (EPA, 1995 年)。

$$E_{\text{火炬气燃烧烟气}i} = \sum_{n=1}^N \left\{ (Q)_n \times [1 - (f_{H_2O})_n] \times \left(\frac{T_0}{T_n} \right) \times \left(\frac{P_n}{P_0} \right) \times (1 - F_{\text{eff}}) \times (C_i)_n \times \frac{MW_i}{MVC} \times K \right\} \quad (0-67)$$

式中：

$E_{\text{火炬燃烧烟气}i}$ 火炬燃烧烟气中污染物 i 的排放速率，t/a 或 t/次)；

N 测量次数，次/a；

n 测量周期的序数；

$(Q)_n$ 测量周期为“ n ”时送入火炬的气体的体积（湿基）， m^3 ；

$(f_{H_2O})_n$ 测量周期为“ n ”时送入火炬的气体的含水量，体积百分比（% V）；

T_0 标准状况下温度，273.15K；

T_n 测量周期为“ n ”时测量流量时的温度，K；

P_n 测量周期为“ n ”时测量流量时的平均压力，kPa；

P_0 标况下的平均压力，101.325kPa；

F_{eff} 火炬的燃烧效率，百分数；

$(C_i)_n$ 测量周期为“ n ”时进入火炬的气体中污染物 i 的浓度，体积分数%（干基、标态）；

MW_i 污染物 i 的分子量，kg/kmol；

MVC 摩尔体积转换系数，22.4 m^3 /kmol，（标态）；

K 单位转换系数，0.001t/kg。

如果流量计能将测试温度和压力下的流量自动修正为标态下的

流量时，则用 1 替代 $\left(\frac{T_0}{T_n}\right) \times \left(\frac{P_n}{P_0}\right)$ ；如果流量计能将湿基流量自动修正为干基流量时，则用 1 替代 $\left[1 - (f_{H_2O})_n\right]$ 。

每小时的多个检测值可以通过两种方式用于年排放量的计算。选择小时平均法还是单个测量值取决于火炬的工作时长（尤其对于间断操作的火炬）以及工艺装置产生的进入火炬的气体种类。

需要指出的是：当火炬未投用（或故障）以及出现火炬中蒸汽过多（蒸汽/气体>4）、火炬操作条件不能满足美国 40 CFR 60.18 标准的要求（如，火炬气热量不足，流量超过限制）的情形时，需要修正一些参数。

①当出现蒸汽过多情形时，火炬的燃烧效率取 80%；

②当火炬火炬操作条件不满足 40 CFR 60.18 标准的要求时，火炬的燃烧效率取 93%；

③当火炬停用或故障时，如果知道其正常时的排放量，则其停用或故障时的排放量等于正常排放量的 $1 / (1 - F_{eff})$ 倍，即用受控排放系数来计算， F_{eff} 默认值取 98%。

例六-5 物料衡算法计算火炬 VOCs 排放量

某装置 VOCs 气体排入火炬系统燃烧排放，持续 2 小时，进入火炬气体的平均流量是 3000m³/h（已修正温度和压力），气体中苯占 35%（湿基），火炬去除效率 98%，估算该事件中苯的排放量。

解：该事件中苯排放量计算如下：

$$\begin{aligned}
 E &= Q_n \times \left[1 - (f_{H_2O})_n\right] \times \left(\frac{T_0}{T_n}\right) \times \left(\frac{P_n}{P_0}\right) \times (1 - F_{eff}) \times (C_i)_n \times \frac{MW_i}{MVC} \times K \\
 &= 2 \times 3000 \times 1 \times 1 \times 35\% \times (1 - 98\%) \times \frac{78.11}{22.4} \times 0.001 \\
 &= 0.146t / 次
 \end{aligned}$$

该事件中 VOCs 排放量=各挥发性有机物排放量之和。

(2) 基于热值的排放系数法

本方法适用于满足美国 40 CFR 60.18 标准的正常操作状态下的火炬，火炬的燃烧效率已包含在排放系数中。

$$E_i = \sum_{n=1}^N (Q_{std,n} \times LHV_n \times EF_i) \quad (0-68)$$

式中：

E_i 污染物“i”的排放速率 (t/a 或 t/次)；

N 每年或每次的测量周期的次数；

n 测量周期的序数；

$Q_{std,n}$ 测量周期为“n”时进入火炬的气体的体积， Nm^3/h ，干基；

LHV_n 测量周期为“n”时火炬中燃烧气体的低热值， MJ/Nm^3 ，干基；

EF_i 污染物“i”的排放系数， kg/MJ ；

测量气体体积和测定气体热值的标准条件应相同。当火炬停用或故障时，计算结果可用剩以一个受控排放系数 $1/(1-F_{eff})$ 来修正，火炬燃烧系数 F_{eff} 默认值取 98%。

例六-6 在连续检测流量和热值的条件下计算火炬 VOCs 排放量

某炼油厂火炬中废气来源单一且持续数小时，火炬的平均流量为 $10Nm^3/min$ ，进入火炬的气体的低热值为 $45MJ/m^3$ ，火炬连续排放 3h，估算该事件中 VOCs 的排放量。

$$\begin{aligned} \text{解： } E_i &= Q_{std,n} \times LHV_n \times EF_i \\ &= 10Nm^3/min \times 45MJ/Nm^3 \times 6.02 \times 10^{-5} kg/MJ \\ &= 0.027 \text{ kg/min} \end{aligned}$$

如果火炬连续工作超过 3 小时，且流量和热含量均保持不变，则总的排放量为

$$0.027 \text{ kg/min} \times 3h \times 60min/h = 4.84 \text{ kg/事件}$$

火炬年排放量为所有排放事件的排放估算的加和。

(3) 工程估算法

工程估算法是用来评估某些超压泄放事件的一种方法。在已知与火炬相连的装置单元的相关信息情况下，如装置向火炬中排放的气体的体积、工艺气流的成分、温度和压力，几乎所有的污染物都可以用工程估算法进行计算。估算方法随火炬的方式及火炬所服务的装置不同而有差异。

对于接收常规性气体的火炬，如用于处理延迟焦化装置排气或其它常规性排气的，其排放量可使用装置的工艺操作参数进行计算。

事故或故障状况下的废气排放，其估算方法应根据实际情况确定，且主要依靠工程判断和实际检测数据。对于带有监控系统的火炬，当事故或故障导致火炬污染物浓度和流量超出了监控装置的量程范围时，也需要有相应的估算方法。当出现超标排放时，其 VOCs 排放量应按监测的进入火炬的 VOC 量乘以受控排放系数 $1/(1-F_{eff})$ 来修正；当出现火炬流量超过设计值的排放情况（冒黑烟）时，其 VOCs 排放量应按进入火炬的 VOC 量乘以受控排放系数 $2/(1-F_{eff})$ 来修正。

对于未安装连续监控装置的火炬，当其排气为常规或计划性排放时，炼油厂应有定期分析手段，掌握火炬废气的排放量、组成、燃烧状态等情况。

对于应急火炬或带有火炬气回收系统（或其它在正常操作状态下配有水封以阻止气体进入火炬的装置）的火炬，可通过监控火炬水封的压降来计算火炬排放速率。对水封压降或液位的常规性检测的目的就是为了确定火炬进气的流量。另外，使用安装在水封罐前最后一个分液罐上的压力监视器也可以检测火炬线的压力。通过对火炬废气采

样分析或根据与火炬相连的各工艺单元送入火炬的废气的组成成分可以获得某种特定化合物的浓度。使用化合物浓度、气体流量以及假定的火炬燃烧效率即可进行火炬排放量的计算。某些使用这种计算方法的炼油厂，带有废气回收系统的火炬会对回收系统进行监控，以确保气体在正常操作过程中不会进入火炬。

当使用工程估算法进行火炬排放量估算时，应将计算方法、假设条件以及具体的数据信息进行详细记录并保存备查，这样做一方面可以将估算方法存档，另一方面可以保持特定过程估算方法的前后一致性。

例六-7：容器超压气体排至火炬时计算火炬 VOCs 排放量

某装置分馏塔顶分液罐发生超压事故，气体向火炬排放。安全阀直径为 100mm，压力为 13.186MPa，气体组成为 50% (v) 氢气和 50% (v) C2-C4 的轻烃。如果安全阀泄压时间为 30min，此事件发生期间火炬的排放量是多少？假定容器以 0.0689 MPa (表) 向火炬排放且火炬正常、稳定燃烧。在该事件中容器内的平均温度和压力分别为 400℃和 14.131 MPa (表)。

解：排放出口压力 $P_o=0.0689+0.1013=0.1702$ MPa

从质量角度说，气体中绝大部分为轻烃。因此，可以取丙烷的 k 值 1.14 作为气体的代表。为了确定气体流速是否为节流，容器的临界压力为：

$$P = P_o \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

$$= 0.1702 \times \left(\frac{1.14+1}{2} \right)^{\frac{1.14}{1.14-1}}$$

$$= 0.295 \text{ MPa}$$

容器内的压力远大于这个值，因此排放气体是“节流”的， $M=1$ ；C2-C4 的轻烃使用丙烷的分子量 44 作为烃类组分的分子量，因此，排放气体的混合分子量为： $0.5 \times 2 + 0.5 \times 44 = 23$ kg/k-mol

Ci：使用丙烷作为 VOC 的替代物，VOC 的质量百分数为 $0.5 \times 44 / 23 = 0.9565$

A：阀直径 = $100 / 1000 = 0.1$ m； 面积 = $(\pi/4) \times (0.1)^2 = 0.00785$ m²

Pv： $14.131 + 0.1013 = 14.2323$ MPa

Tv： $400 + 273.15 = 673.15$ K

计算超压事件中安全阀排放流率：

$$E_{\text{超压}i} = C_i \times A \times P_v \times \sqrt{\frac{k \times MW}{R \times T_v}} \times \frac{M}{\left[1 + \frac{M^2(k-1)}{2}\right]^{\frac{k+1}{2(k-1)}}}$$

$$= 0.9565 \times 0.00785 \times 14.2323 \times 10^6 \times \sqrt{\frac{1.14 \times 23}{8.314 \times 10^3 \times 673.15}} \times \frac{1}{\left[1 + \frac{(1.14-1)}{2}\right]^{\frac{1.14+1}{2 \times (1.14-1)}}}$$

$$= 0.9565 \times 0.00785 \times 14.2323 \times 10^6 \times 2.164 \times 10^{-3} \times 0.5962$$

$$= 137.87 \text{ kg / s}$$

计算超压事件中火炬排放量：

$$E_{\text{火炬}i} = E_{\text{超压}i} \times H \times (1 - \text{Eff})$$

$$= 137.87 \times 30 \times 60 \times (1 - 98\%)$$

$$= 4963.32 \text{ kg / 事件}$$

$$= 4.963 \text{ t / 事件}$$

4. 工艺无组织 VOCs 排放估算方法

延迟焦化装置冷焦、切焦过程 VOCs 排放可通过排放系数法进行估算。

$$E_{\text{切焦操作}} = EF \times \text{Flow}_{\text{进料}} \times H \quad (0-69)$$

式中：

$E_{\text{切焦}}$ 延迟焦化装置切焦过程 VOCs 排放量，t/a；

$\text{Flow}_{\text{进料}}$ 延迟焦化装置进料量，t/h；

EF VOCs 排放系数，t-VOCs/t-装置进料；

H 装置年运行时间，h/a。

例六-8 排放系数法计算延迟焦化冷焦、切焦过程 VOCs 排放量
某延迟焦化装置加工规模 160×10^4 t/a，实际加工量 180 t/h，装置年运行时间 8400h，估算 VOCs 每年的排放量。

解：该事件中 VOCs 排放量为：

$$E_{\text{冷焦切焦}} = \text{Flow}_{\text{进料}} \times EF_i \times H$$

$$= 180 \times 0.000163 \times 8400$$

$$= 246.46 \text{ t/a}$$

5.非正常工况（含开停工及检修过程）VOCs 估算方法

正常情况下，装置开（停）工及检维修时的初期泄压、吹扫气首先导入火炬系统，达到一定要求后，泄压到大气。如果火炬使用基于火炬气流量、气体组成、气体热值监测的方法计算 VOCs 排放量，则开停工及检维修过程可不重复计算；如果火炬使用排放系数估算方法或没有投用时，单独估算这部分 VOCs 排放量。

开（停）工及检维修排放的 VOCs 可通过公式法估算。

①气体加工容器

$$E_i = \left(\frac{(0.145P_V + 14.7)}{14.7} \times \frac{492}{492 + 1.8T} \times (V_V \times f_{\text{空置}}) \times \frac{MW_i}{MVC} \times MF_i \right) \quad (0-70)$$

E_i 开停工、检修过程污染物 i 的排放量，kg/事件；

P_V 泄压气体排入大气时容器的表压，kPa

T 泄压气体排入大气时容器的温度，℃；

V_V 容器的体积，m³；

$f_{\text{空置}}$ 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；

MW_i 污染物 i 的分子量，kg/kmol；

MVC 摩尔体积转换系数，22.4m³/kmol；

MF_i 容器内气体中污染物 i 的体积分数。

例六-9 气体加工容器泄压过程计算 VOCs 排放量

某连续重整装置需要检修，反应器泄压并首先吹扫到火炬系统，吹扫后反应器内没有液体物料存在。然后反应器泄压到大气。反应器的总体积是 566 立方米，催化剂占反应器总体积的 40%。当吹扫到大气时容器的温度和表压分别是 250℃和 68.9kPa，反应器内气体的组成如下：苯=1.2Vol%；己烷=0.5 Vol%；甲苯=1.4 Vol %；二甲苯=0.8 Vol %；其它 VOC=2.1 Vol %；氮气=94 Vol %，计算该过程中 VOCs 的排放量。

解：在该检维修事件中 VOCs 的排放量计算公式如下：

$$E_i = \left(\frac{(0.145P_V + 14.7)}{14.7} \times \frac{492}{492 + 1.8T} \times (V_V \times f_{\text{空置}}) \times \frac{MW_i}{MVC} \times MF_i \right)$$

根据提供的资料，空置分数是催化剂颗粒未占的体积分数：1-0.4=0.6。苯分子量 78，己烷分子量 86；甲苯分子量 92；二甲苯分子量 106.16；假设其它 VOC 有相似的分子量，用已知有机组分的平均分子量代替，则其它 VOC 分子量为 $(1.2 \times 78 + 0.5 \times 86 + 1.4 \times 92 + 0.8 \times 106) / 4.9 = 90$ 。

以苯为例，计算 VOCs 得：

$$E_i = \left(\frac{(0.145P_V + 14.7)}{14.7} \times \frac{492}{492 + 1.8T} \times (V_V \times f_{\text{空置}}) \times \frac{MW_i}{MVC} \times MF_i \right)$$

$$= \left(\frac{(0.145 \times 68.9 + 14.7)}{14.7} \times \frac{492}{492 + 1.8 \times 250} \times (556 \times 0.6) \times \frac{78}{22.4} \times 0.012 \right)$$

$$= 12.44 \text{ kg / 事件}$$

同理，通过该公式估算的其它有机组分的排放量分别是：己烷=5.72kg/事件；甲苯=17.15kg/事件；二甲苯=11.29kg/事件；其它 VOC=25.13kg/事件。

VOCs 排放量为以上各污染物排放量之和，合计 71.73kg/事件。如果该事件一年发生两次，则年度 VOCs 排放量是 143.46 kg/a。

②液体加工容器

$$E_{\text{VOCs}} = (V_V \times f_{\text{空置}}) \times K \times d \times (1 - F_{\text{火炬}}) \quad (0-71)$$

式中：

E_{VOCs} 停工、检修过程 VOCs 的排放量，kg/事件；

V_V 容器的体积， m^3 ；

$f_{\text{空置}}$ 容器的体积空置分数。在容器中不存在填料或塔盘时，取 1；

K 液体薄层占容器内液体体积的百分数，取值在 0.1% 至 1% 之间；

d 液体的密度， kg/m^3 ；

$F_{\text{火炬}}$ 液体薄层被吹扫至火炬的质量百分数。

例六-10 液体加工容器泄压过程计算 VOCs 排放量

某连续重整装置需要检修，反应器的总体积是 566 立方米，催化剂占反应器总体积的 40%。反应器内重整物料为苯=4.6wt%；己烷=3.9 wt%；甲苯=14.5 wt%；二甲苯=13.8 wt%；其它 VOC=63.2 wt%。假设液体薄层的 90%被吹扫到火炬，其它吹扫进入大气。计算该检修过程中 VOCs 及各污染物的排放量。

解：假设液体薄层是液体体积的 0.5%。最大液体体积是 $566\text{m}^3 \times (1-0.4) = 340\text{m}^3$ ，经计算，反应器内液体体积为 1.7m^3 (340×0.005)，质量为 1360kg ($1.7\text{m}^3 \times 800\text{kg}/\text{m}^3$ 物料密度)。

假定 90%的薄膜液体被吹扫到火炬，则 1224 kg 物料被送到火炬，136kg 被直接吹扫向大气。假设火炬的燃烧效率为 98%，火炬未燃烧的排放是 24.48kg。

因此，包含火炬和吹扫气排放在内，合计 VOCs 排放 160.48kg。

各污染物的排放量如下：

苯=160.48×0.046=7.38kg/事件； 己烷=160.48×0.039=6.26kg/事件；

甲苯=160.48×0.145=23.27kg/事件； 二甲苯=160.48×0.138=22.15kg/事件；

其它=160.48×0.632=101.42kg/事件。

6. 冷却塔、循环水冷却系统释放

(1) 汽提废气监测法

汽提废气监测法采用直流系统汽提水样，使用火焰离子检测分析仪（FID）分析汽提后气体中的 VOCs。此方法可测量冷却水中沸点低于 60℃ 的易于汽提组分的含量。在此方法中，冷却水连续通过管道或弹性管后送入汽提塔装置。在汽提塔中空气流与冷却水逆流接触，从水中带出 VOCs。测量离开汽提塔后空气中的污染物浓度，及流向汽提塔装置的空气和水的流量，来估算冷却水中可汽提 VOC 的浓度。在汽提塔的空气出口，通过使用现场 FID 分析仪，或用在线便携式气相色谱仪（GC），或通过样品罐收集样品送到实验室分析废气污染物的形态（美国 EPA 的 TO-14A、TO-15 或 M18），来测量 VOCs 浓度以确定总的可汽提 VOCs。

对服务于多组分工艺物流的冷却塔，首先要确定冷却水中可汽提化合物的生成物质。对服务于单组分工艺物流的冷却塔，可使用 FID 分析仪。第一步先计算汽提塔出口检测到浓度的冷却水中可汽提组分的浓度：

$$C_{水,i} = \frac{C_{空气,i} \times MW \times P \times b_{气体空气流}}{R \times (T + 273) \times a_{样品水流} \times \rho_{水}} \quad (0-72)$$

式中：

$C_{水,i}$ 可汽提组分“i”在原料水中的浓度，ppmw；

$C_{空气,i}$ 汽提气中组分“i”的浓度，ppmv；如果 $C_{空气,i}$ 是基于 FID 分析仪的总 VOC 结果，污染物“i”就是 VOC；

MW 化合物的分子量，g/mol；当利用 FID 分析仪估算总

VOC 时，要使用标气的分子量 $MW_{\text{标气}}$ ；

P 汽提塔的压力，大气压

$b_{\text{汽提空气流}}$ 汽提塔的汽提空气流量，ml/min；

R 气体常数， $82.054\text{ml} \cdot \text{atm}/\text{mol} \cdot \text{K}$ ；

T 汽提塔温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$a_{\text{样品水流}}$ 汽提塔样品水流量，ml/min；

$\rho_{\text{水}}$ 样品冷却水的密度，g/ml。

第二步估算冷却水中可汽提总 VOCs 的排放量：

$$E_i = \frac{C_{\text{水},i}}{10^6 \text{ ppm}} \times Flow_{\text{冷却水}} \times \rho_{\text{水}} \times H_{\text{年}} \times 10^{-3} \quad (0-73)$$

式中：

E_i 冷却水中可汽提污染物“i”的排放量，t；

$Flow_{\text{冷却水}}$ 冷却水流量， m^3/h

$\rho_{\text{水}}$ 水的密度， kg/m^3 ；

$H_{\text{年}}$ 监控周期的时长或泄漏发生的时长，h

例六-11 汽提监测方法计算冷却塔 VOCs 排放量

已知：使用 EI Paso 检测方法每季度检测一座水循环流量为 $7296 \text{ m}^3/\text{h}$ 的冷却塔。在第二季度检测过程中检测到汽提空气中己烷浓度为 5.0 ppmv ，表示“泄漏”。在这次检测过程中 EI Paso 汽提塔的参数如下：压力= 0.9867 atm ；汽提塔汽提空气流量 $2500 \text{ mL}/\text{min}$ ；温度= 32°C ；汽提塔样品水流量= $125 \text{ mL}/\text{min}$ ；水的密度 $999.38 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。泄漏修复从检测到完成用了 45 天。假设所有其它检测中己烷没有达到可检出的浓度，己烷的年度排放量是多少？

解：首先计算水中可汽提化合物的浓度如下：

$$\begin{aligned} C_{\text{水},i} &= \frac{C_{\text{空气},i} \times MW \times P \times b_{\text{汽提空气流}}}{R \times (T + 273) \times a_{\text{样品水流}} \times \rho_{\text{水}}} \\ &= \frac{5.0 \times 10^{-6} \times 86.17 \times 0.9867 \times 2500}{82.045 \times (32 + 273) \times 125 \times 1} = 0.34 \text{ ppmw 己烷} \end{aligned}$$

因此，空气物流中 5 ppmv 的己烷浓度转换为冷却水中 0.34 ppmw 的可汽提己烷浓度。

估算第一至第二季度检测区间的排放量。应记录和使用准确的检测时间，但给出的信息是季度检测，假设检测间隔 91 天（2184 小时）。可以使用中点法第一次至第二次检测之间的排放量为：

$$\begin{aligned} E_i &= C_{\text{水},i} \times Flow_{\text{冷却水}} \times \rho_{\text{水}} \times H \times 10^{-3} \\ E_{i1} &= \frac{(0.34 - 0)/2}{10^6} \times 7296 \times 1000 \times 2184 \times 10^{-3} = 2.71 \text{ t 己烷} \end{aligned}$$

同样，估算第二季度监视到泄漏修复之间的排放量。这个区间是 45 天（或 1080 小时）：

$$E_{i2} = \frac{0.34}{10^6} \times 7296 \times 1000 \times 1080 \times 10^{-3} = 2.68 \text{ t 己烷}$$

假如这些仅是可测的年排放，年度排放量为 $E_i = E_{i1} + E_{i2} = 2.71 + 2.68 = 5.39 \text{ t}$ 。

注意：中点法的优点是它在检测到泄漏至修复这段时间使用的浓度与检测前半个周期使用的浓度相同。随后，从检测开始至泄漏修复这段时间加上检测之前的“半个”周期（91 天/2=1092 小时）计算泄漏的总时间，并进一步计算累积排放量，步骤如下：

$$E_i = \frac{0.34}{10^6} \times 7296 \times 1000 (1080 + 1092) \times 10^{-3} = 5.39 \text{ t 己烷}$$

(2) 物料衡算法

物料衡算法通过监测冷却塔中冷却水暴露到空气之前和之后逸散性挥发性有机物浓度（EVOCs）的变化和冷却水循环流量，计算冷却塔 VOCs 排放量；若有多次监测数据，取其平均值进行计算。该方法假设冷却水补水与蒸发损失、风吹损失相等，凉水塔的进出流率不变。

$$\Delta EVOC_{\text{冷却塔 } i} = Q_i \times (EVOC_{\text{入口 } i} - EVOC_{\text{出口 } i}) \times H \times 10^{-6} \quad (0-74)$$

式中：

$\Delta EVOC_{\text{冷却塔 } i}$ 冷却塔 VOCs 排放量，t/a；

Q_i 循环水流量，m³/h；

$EVOC_{\text{入口 } i}$ 冷却水暴露空气前 EVOCs 的浓度，mg/L；

$EVOC_{\text{出口 } i}$ 冷却水暴露空气后 EVOCs 的浓度，mg/L；

H 冷却塔年运行时间，h/a。

例六-12 物料衡算法计算循环水厂 VOCs 排放量

已知：某炼油循环水场，循环水流量是 10000m³/h，冷却水暴露空气前 EVOCs 的浓度 0.22 mg/l，暴露大气后流向换热器的冷却水 EVOCs 的浓度是 0.08 mg/l，该冷却塔年操作时间为 8400 小时，估算该循环水场年度 VOCs 排放量。

解：

$$\begin{aligned} \Delta EVOC_{\text{冷却塔}} &= Q_i \times (EVOC_{\text{入口 } i} - EVOC_{\text{出口 } i}) \times H \times 10^{-6} \\ &= (0.22 - 0.08) \times 10000 \times 10^{-6} \times 8400 \\ &= 11.76 \text{ (t/a)} \end{aligned}$$

(3) 排放系数法

当不能得到监测数据时，炼油循环水冷却塔 VOCs 释放量采用排放系数法进行估算（其它石化企业可参考）：

$$E_{\text{冷却塔}} = \text{Flow}_{\text{冷却水}} \times EF_i \times H \quad (0-75)$$

式中：

$E_{\text{冷却塔}}$ 循环水冷却塔 VOC 排放量，t/a；

EF_i VOCs 排放系数，t-VOCs/ m³-循环水；

H 循环水冷却塔年运行时间，h/a。

例六-13 排放系数法计算凉水塔 VOCs 排放量

某炼油厂一个 40000m³/h 循环水场，连续满负荷运行，年运行时间 8400h，估算其 VOCs 每年的排放量。

$$\begin{aligned} \text{解：} E_{\text{冷却塔}} &= \text{Flow}_{\text{冷却水}} \times EF_i \times H \\ &= 40000 \times 0.000000719 \times 8400 \\ &= 241.92 \text{ t/a} \end{aligned}$$

(三) 附录六.3 估算系数

1. 固定燃烧源 VOCs 排放系数

附表六-14 燃煤（烟煤和亚烟煤）锅炉 VOCs 排放系数

锅炉形式	排放系数 (kg/t-煤)
煤粉炉，固态排渣	0.03
煤粉炉，液态排渣	0.02
旋风炉	0.06
抛煤机链条炉排炉	0.03
上方给料炉排炉	0.03
下方给料炉排炉	0.65
手烧炉	5.02
流化床锅炉	0.03

附表六-15 燃煤（褐煤）锅炉 VOCs 排放系数

锅炉形式	排放系数 (kg/t-煤)
煤粉炉，固态排渣，切圆燃烧	0.02
旋风炉	0.04
抛煤机链条炉排炉	0.02
上部给料链条炉排炉	0.02
常压流化床锅炉	0.02

附表六-16 燃煤（无烟煤）锅炉 VOCs 排放系数

锅炉形式	排放系数 (kg/t-煤)
炉排炉	0.02

附表六-17 燃油锅炉 VOCs 排放系数

锅炉类别		排放系数 (kg/t-油)
电站锅炉		0.02
工业锅炉		
	燃油锅炉	0.04
	蒸馏分油锅炉	0.02

附表六-18 燃气（天然气）锅炉 VOCs 排放系数

排放系数 (kg/m ³ 天然气)
1.76E-04

附表六-19 燃气（液化石油气）锅炉 VOCs 排放系数

排放系数 (kg/ m ³ 液化石油气, 液态)	
丁烷	丙烷
1.32 E-01	1.20 E-01

2. 延迟焦化装置打开焦炭塔过程 VOCs 排放系数

附表六-20 延迟焦化装置打开焦炭塔过程 VOCs 排放系数

污染物名称	排放系数 (t/单塔·每次循环)
VOCs	2.59 E-02

3. 基于热值的火炬 VOCs 排放估算方法的排放系数

附表六-21 基于热值估算方法的火炬排放系数

成分	排放系数 (kg/MJ-火炬气, 低热值)
总烃	6.02 E-05

注：附表六-21 适用于满足 40 CFR 60.18 标准的正常操作状态下的火炬，火炬的燃烧效率已包含在排放系数中。

4. 焦化装置冷焦、切焦过程 VOCs 排放系数

附表六-22 焦化装置冷焦、切焦过程 VOCs 排放系数

污染物名称	排放系数 (t/t-装置进料)
-------	-----------------

VOCs	1.63E-04
------	----------

5.循环冷却水塔 VOC 排放系数

附表六-23 循环冷却水塔 VOCs 排放系数

凉水塔类型	VOCs 排放系数 (t/m ³ -循环水量)
机械通风、逆流	7.19E-07
机械通风、横流	7.19E-07
没有特定气流或流型	7.19E-07
自然通风	7.19E-07