

团体标准

T/ACEF xxx—2025

工业园区挥发性有机物大气扩散模型溯源结果工程验证技术规范

Technical specification for engineering verification of volatile organic compounds
traceability results in industrial parks via air dispersion modeling
(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中华环保联合会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体原则和要求	3
5 验证对象	4
6 验证条件	4
7 技术要求	5
8 评价方法和规则	7
9 质量保证与控制	8
10 工程验证记录与报告	8
附录 A（资料性） 验证报告记录内容	10



前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件由浙江工业大学牵头组织制订。

本文件主编单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。



工业园区挥发性有机物大气扩散模型溯源结果工程验证技术规范

1 范围

本文件规定了大气扩散模型溯源结果工程验证的总体原则和要求、验证对象、验证条件、技术要求、评价方法和规则、质量保证与控制、工程验证记录与报告等具体要求。

本文件旨在为已全面建立环境和气象监测网络的工业园区或其他相关产业集群、产业开发区提供指导，适用于使用大气扩散模型进行挥发性有机物的扩散模拟和溯源分析结果的准确性的验证。

2 规范性引用文件

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

GBZ/T 300.51 工作场所空气有毒物质测定 第51部分：六氟化硫

HJ 759 环境空气 65种挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法

DB31/T 310002、DB32/T 310002、DB33/T 310002 长三角生态绿色一体化发展示范区挥发性有机物走航监测技术规范

大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南（试行）

大气污染源优先控制分级技术指南（试行）

3 术语和定义

3.1

工业园区 industry park

工业园区是划定一定范围的土地，并先行予以规划，以专供工业设施设置、使用的地区。

3.2

挥发性有机物（VOCs）volatile organic compounds

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

在表征VOCs总体排放情况时，根据行业特征和环境管理要求，可采用总挥发性有机物（以TVOC表示）、非甲烷总烃（以NMHC表示）作为污染控制项目。

[来源：GB 37822—2019]

3.3

大气扩散模型 air quality model

指采用数值方法模拟大气中污染物的物理扩散和化学反应的数学模型。

3.4

挥发性有机物源排放清单 emission inventory of VOCs

根据排放系数及活动水平估算一定时期内污染物排放量，据此排放量识别对环境空气中挥发性有机物有贡献的主要排放源。

[来源：大气源排放清单编制技术指南]

3.5

VOCs源成分谱 source profile of VOCs

污染源排放VOCs的化学组分质量百分比组成。

[来源：大气污染源优先控制分级技术指南（试行）]

3.6

大气扩散模型溯源 source tracing with air quality model

利用大气扩散模型，结合环境质量实时监测数据、气象数据和工业园区企业档案数据等，计算污染物浓度的时空演变，并实现污染的溯源追踪，定位污染排放企业或生产单元。

3.7

工程验证 engineering verification

工程验证是在产品开发或项目实施过程中，通过一系列的测试和评估活动来确认设计、产品或系统是否符合既定的规范和要求的环节。

3.8

模型溯源结果工程验证 engineering verification for source tracing

通过实地测量、数据分析、控制实验和模型校准等方法，对大气扩散模型的预测结果与实际情况进行对比验证的过程。

3.9

独立数据 independent data

是指从监测网络随机分离出来未用于大气污染扩散模型计算的挥发性有机物监测数据。

3.10

计算数据 data used for computation

是指来自于监测网络以及现场走航监测且用于大气污染扩散模型计算的挥发性有机物监测数据。

3.11

监测网络 monitoring network

由地面监测站和数据交汇中心构成，专门用于监测大气环境质量及其扩散能力。监测网络承担的任务是对全区域或特定监测区域内GB 16297标准的规定33种大气污染物和其他VOCs，以及关键气象参数进行连续的实时监测。监测网络可依据实际监测需求与区域环境保护目标，在上述污染物中选取相应物种构建监测网络。根据定的大气污染物，以及其他相关大气污染物进行系统的监测。监测范围应涵盖但不限于该标准中规定的33种大气污染物。

3.12

走航监测 cruise monitoring

利用车载式快速监测设备在行进中连续自动监测，结合定点监测，对污染物进行定性定量分析，并基于地理位置信息显示沿行进路线污染物空间连续分布

[来源：DB31/T 310002—2021、DB32/T 310002—2021、DB33/T 310002—2021]

3.13

监测溯源验证 monitoring verification

监测溯源验证是接到异味投诉时，同时启动走航监测和模式溯源，对比监测溯源的空间位置，判断污染源位置的准确性。

3.14

独立数据验证 independent data validation

独立数据验证是指监测体系出现超标浓度时，以计算数据输入启动模式溯源以独立数据的空间坐标输入预测环境浓度，再对比实测浓度，验证扩散模型预测浓度的准确性。

3.15

示踪气体验证 tracer gas verification

示踪气体验证是指在条件允许的情况下，开展示踪气体六氟化硫（SF₆）控制实验，分别以排放源信息和观测点位监测浓度为输入进行扩散模拟和溯源模拟，验证预测浓度和排放源空间位置的准确性。

3.16

超标记录 exceeding standard record

指监测仪器所检测到的，超过GB 37822中规定的VOCs无组织排放监控点浓度。

4 总体原则和要求

4.1 总体原则

4.1.1 本文件规定的大气扩散模型溯源结果工程验证的目的，是为了确保大气扩散模型能够有效支持工业园区的环境管理和决策需求。

4.1.2 鉴于工业园区提供的基础资料和监测能力的差异性，以及采用的大气扩散模型、模拟对象、建模方法以及开发和应用基础等方面的差异性，工程验证的方法和手段应当相应地进行个性化调整，以确保与园区的实际情况相匹配，从而有效支撑模型溯源结果工程验证的准确性和可靠性。

4.1.3 在进行大气污染模型溯源结果工程验证的过程中，本文件不仅需要评估模型溯源的结果是否与实际情况相符，还应依据评估验证的过程和结果，为模型在实际环境管理决策中的应用提供具体的技术指导和建议。这将有助于推动模型的合理、规范使用，从而提高环境管理的科学性和有效性。

4.2 总体要求

4.2.1 在将大气扩散模型对VOCs溯源的结果纳入相关主管部门的管理决策流程之前，工业园区应执行工程验证程序，评价其对相应管理决策目标的适用性，充分考虑并降低不确定条件下的管理决策风险。

4.2.2 为确保工程验证工作的客观性，本文件要求所有验证活动必须基于实际监测数据和环境条件进行。验证过程中应严格遵循科学方法和标准流程，确保数据收集、处理和分析的自由度最小化，避免主观偏差。所有监测设备均需经过校准，以保证测量结果的准确性和可靠性。

4.2.3 在选定适用的大气扩散模型之后，应先核实园区的基础信息资料以及监测能力是否达到工程验证所需的要求。在此基础上，应选择恰当的验证方法，对模型的溯源进行工程验证，并依照验证结果编制工程验证报告。

4.3 工作流程

在园区开展VOCs大气扩散模型溯源应按收集园区基础信息、评估监测能力、开展工程验证、登记溯源结果、编制工程验证报告的基本流程进行，工作流程见图1。

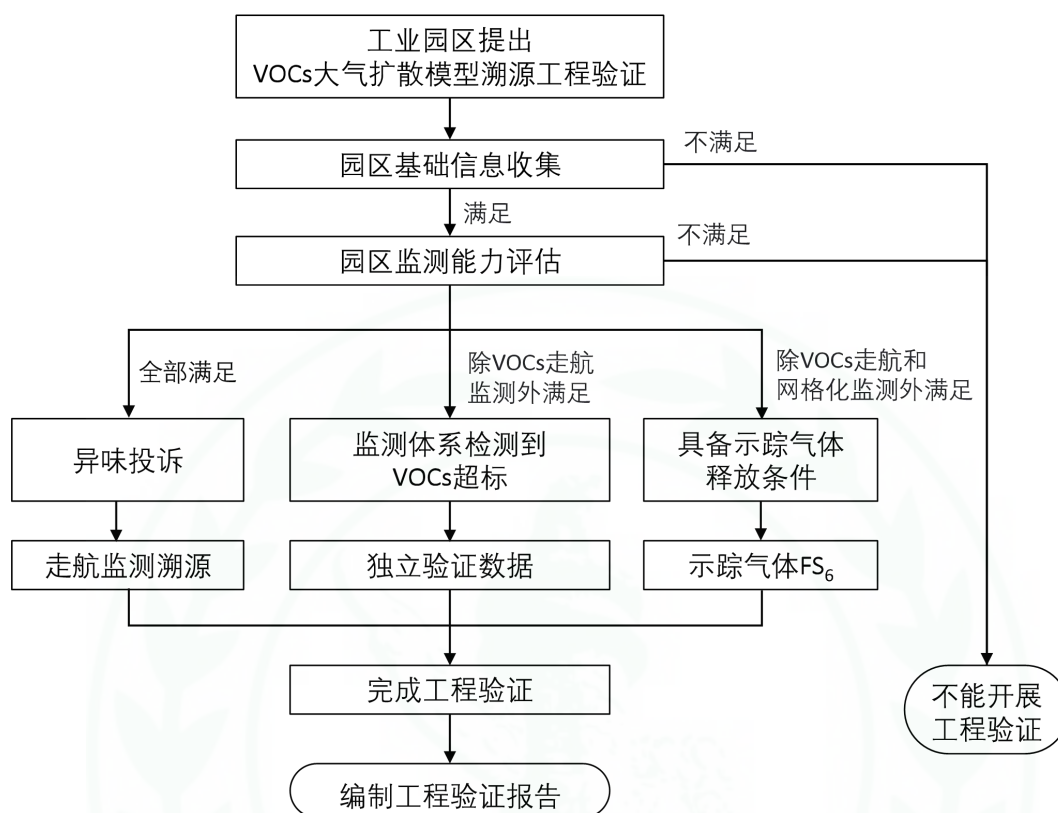


图1 VOCs 大气扩散模型溯源工程验证工作流程

5 验证对象

本文件所指大气扩散模型，可采用但不限于《大气颗粒物来源解析技术指南（试行）》中推荐的模式。

6 验证条件

6.1 基础信息资料

6.1.1 工业园区应能提供详细的地形数据分辨率不得小于90 m下垫面地理信息数据，包括分辨率不小于90 m的地形地貌、建筑物和路况分布图及相关信息等。

6.1.2 工业园区应能提供主要VOCs源成分谱和源排放清单，或者污染物产生和排放控制数据资料，主要包括：各类生产原料类型与化学成分、生产工艺过程的产污节点、污染物种类与产污水平，以及污染治理设施与去除效率等。本文件所述VOCs物种范围包括但不限于烷烃、烯烃、芳香烃、含氧烃、氯代烃。

6.2 监测能力

6.2.1 工业园区应能提供园区内不少于20个点位的常规污染物监测数据,包括但不限于PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、O₃、TVOC等参数,时间分辨<5 分钟。

6.2.2 工业园区配置高分辨率的VOCs监测设施,监测指标应能反应园区VOCs排放特征,应包含但不限于HJ 759标准推荐的65种VOCs物种,检出限≤10 nmol/mol,应具备小时级别的时间分辨率,并能够实时输出监测数据。

6.2.3 工业园区能提供车载或机载走航监测,搭载痕量VOCs监测设备,可以是但不限于以下之一,单光子电离飞行时间质谱法(SPI-TOF-MS)、质子转移反应飞行时间质谱(PTR-TOF-MS)、气相色谱-飞行时间质谱(GC-TOF-MS),异味气体在线监测气相离子迁移谱系统(GC-IMS)等。仪器检出限≤10 nmol/mol,时间分辨率<5分钟,监测指标应能反应园区VOCs排放特征,应包含但不限于HJ 759标准推荐的65种VOCs物种。

6.2.4 工业园区具备完善的气象观测网络,并能提供实时观测数据。气象观测网格≤2 km×2 km,不少于10个观测点位,气象观测要素包括大气温度、大气湿度、风速、风向、气压等五种主要气象要素、辐射四分量等;观测精度如下:温度测量精度为±0.3 °C,湿度测量精度为±3 %,风速测量精度为±3 %,风向测量精度为±3°,气压测量精度为±0.5 hPa,短波辐射通量测量精度为±3 %,长波辐射通量测量精度为±7 %;时间分辨率为1分钟。

6.2.5 工业园区能提供高度为0 km-2 km的风廓线数据,垂直分辨率≤20 m,时间分辨率为10分钟。

7 技术要求

7.1 工程验证的启动

7.1.1 园区一旦发生异味举报、VOCs浓度超标事件,或条件允许进行示踪气体控制实验的情况下,可启动污染源溯源验证流程。

7.1.2 对一次执行完整的模型溯源,应对其结果进行准确性检验,以确定模型预测的准确度。执行完整的意思是模型溯源获取到VOCs污染源的空间位置;若未达到此条件,则视为溯源过程不完整。

7.1.3 溯源结果的准确性检验包括浓度一致性和空间位置一致性评价,详见本文件的8 评价方法和规则。

7.2 工程验证方法

本文件所指的大气扩散模型的工程验证方法包括三种:利用监测溯源开展模式溯源的工程验证、利用独立数据开展模式溯源的工程验证、利用示踪气体SF₆进行控制实验开展工程验证。

7.3 利用监测溯源开展模式溯源的工程验证的流程

7.3.1 本方法适用于满足本文件6.1和6.2条件的工业园区。

7.3.2 园区在接收到异味投诉后,应立即开展大气污染扩散模拟以及车载或机载走航监测溯源。走航监测可参考DB31/T 310002的要求。监测过程中,监测车辆或设备的速度需控制在每25米至少获取一组监测数据。通过获取的数据,绘制VOCs走航监测曲线,分析并定位高值区域。结合现场调研情况,准确判定污染源位置,并记录其精确坐标。将监测到的污染源位置与模型预测的污染源位置(见图2)进行对比分析,评估二者的一致性。

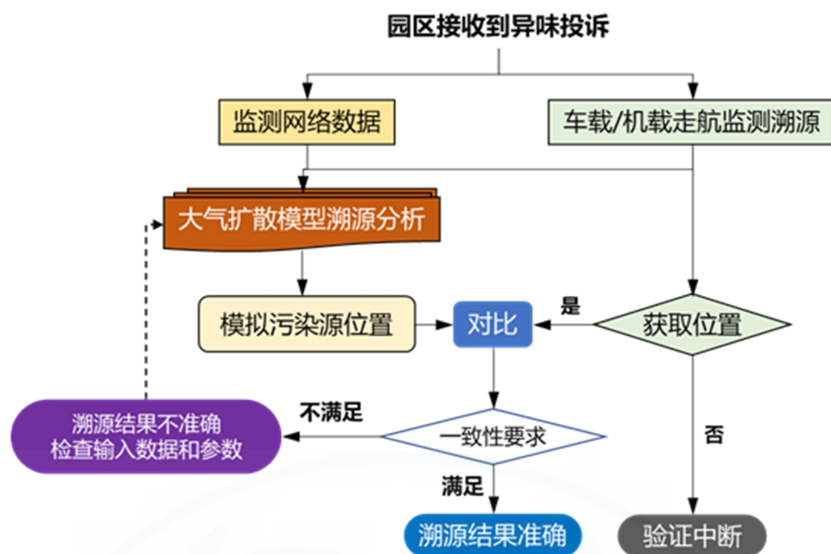


图 2 利用走航监测溯源开展模式溯源的工程验证的流程

7.4 利用独立数据开展模式溯源的工程验证的流程

7.4.1 本方法适用于满足本文件6.1和6.2中除6.2.3之外的条件的工业园区。

7.4.2 当监测网络检测到VOCs浓度超过既定标准限值时，立即启动大气污染扩散模拟。监测点位数据应按照以下比例进行划分：将20 %至30 %的数据随机选取作为独立验证数据集，剩余的70 %至80 %数据作为计算数据集。

7.4.3 利用计算数据开展集合卡尔曼滤波数据同化反演获得预估排放源，开展工业园区VOCs污染溯源，估计排放源项位置和排放量信息；同时获取独立验证数据所在点位的模拟浓度，并与独立验证数据(即实际监测浓度)作对比，分析其一致性。工作流程见图3。

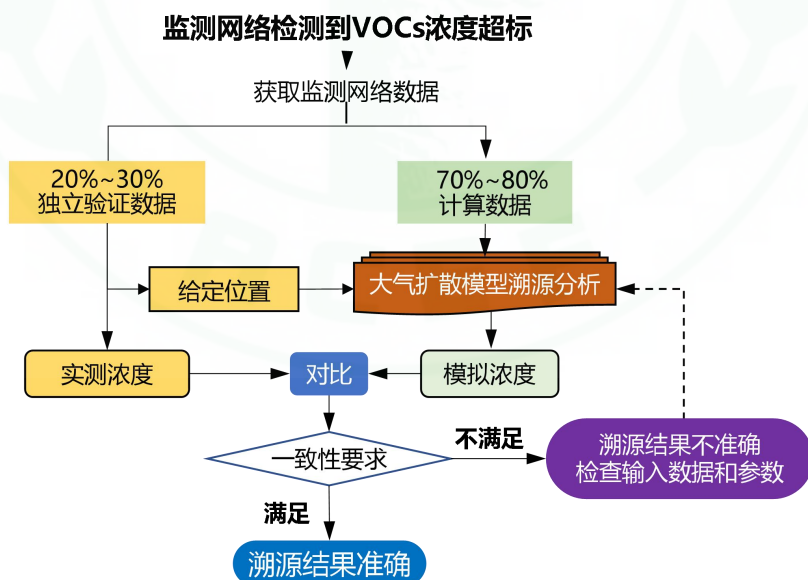


图 3 利用独立验证数据开展模式溯源的工程验证的流程

7.5 利用示踪气体控制实验开展模式溯源的工程验证的流程

7.5.1 本方法适用于满足本文件6.1.1，6.2.1，6.2.4，6.2.5条件的园区。

7.5.2 在园区内某点释放已知量的示踪气体（如SF₆），并在其0~2 km直径范围内布点（图4），布点网格等间距或距源中心近密远疏法，记录各采样点空间位置；以苏玛罐采集各点样品，获得并记录各点位示踪气体浓度。SF₆气体采样按HJ 759的规定执行，测定按GBZ/T 300.51的规定执行。

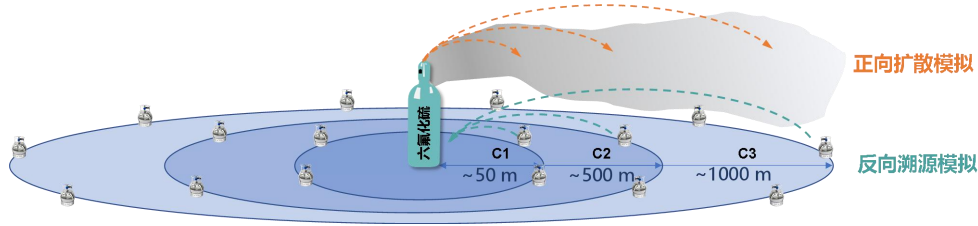


图 4 示踪气体 SF₆控制实验布点示意图

7.5.3 开展反向溯源模拟。通过实测SF₆浓度和相关气象参数开展反向溯源模拟，预测污染源位置（示踪气体钢瓶），并与实际位置作对比，分析其一致性。

7.5.4 开展正向扩散模拟。通过示踪气体SF₆释放源强和气象参数对各采样点地浓度进行预测，与实测浓度SF₆作对比，分析其一致性。工作流程见图5。

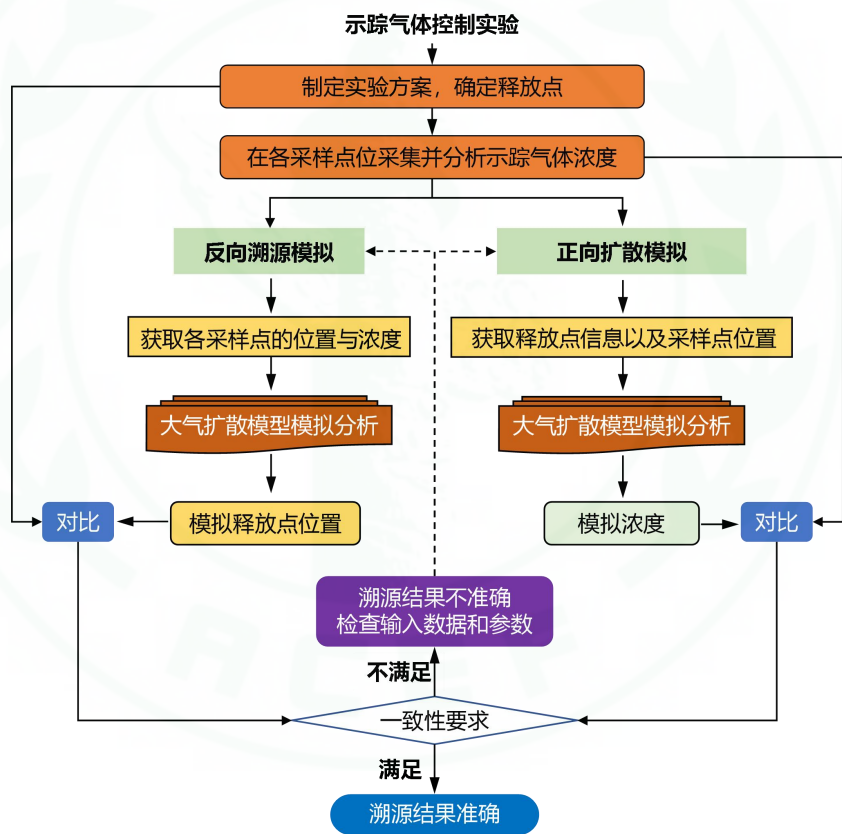


图 5 利用示踪气体控制实验开展模式溯源的工程验证的流程

8 评价方法和规则

8.1 溯源位置一致性判断方法如下，根据预测点与实际排放点的距离、溯源模型空间分辨率，按照公式

(1) 计算溯源位置偏差 $E_{(d,j)}$ 或平均位置偏差 $\overline{E}_d$ ，本方法不考虑海拔高度。

$$E_{(d,j)}\% = \begin{cases} 0, & d \leq 1R \\ \frac{(d-R)}{2R} \times 100, & d > 1R \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

式中：E_(d,j)为预测点j溯源位置偏差，单位：%；

d 为预测点j距离实际排放点的距离，单位：m；

R 为溯源模型空间分辨率，单位：m。

则，当有m个溯源位置时，平均位置偏差计算如公式（2）所示。

$$\bar{E}_d\% = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m |E_{(d,j)}| \dots\dots\dots(2)$$

8.2 浓度一致性判断方法如下，样本i的模拟浓度与实际监测VOCs或SF₆浓度变化规律基本一致，且对应模拟浓度与实际监测浓度在同一数量级可认为一致。此时，溯源模式偏差计算如公式（3）所示。

$$E_{c,i}\% = \log \left(\frac{C_i'}{C_i} \right) \times 30 \dots\dots\dots(3)$$

式中：E_{c,i}为样本i浓度偏差，单位：%；

C_i'为样本i的模拟浓度，单位：mg/m³；

C_i为样本i的实际监测浓度，单位：mg/m³。

则，当有n个样本的平均浓度偏差计算如公式（4）所示。

$$\bar{E}_c\% = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |E_{(c,i)}| \dots\dots\dots(4)$$

8.3 评价规则如下，模式溯源的位置平均偏差小于30%，或浓度平均偏差小于30%，均可认为工程验证通过；反之，模式偏差大于30%，工程验证不通过。

9 质量保证与控制

9.1 开展溯源工程验证活动时，应依据验证方法及工作流程，制定详尽的验证计划，并严格遵照该计划执行。

9.2 走航监测及苏玛罐采样工作，应严格按照标准化方法执行，以降低主观及系统误差，确保监测数据的可靠性。

9.3 园区内的所有监测设备，包括VOCs监测仪器、常规监测设备以及气象监测设备，均须定期进行校准和维护，以保持其最佳工作状态，从而提升测量的精度与准确度。

9.4 对验证人员实施专业培训，旨在提高其技术水平和专业素养，确保其能够熟练掌握并应用验证方法与技术。

9.5 建立并执行严格的数据质量控制体系，涵盖数据采集、记录、分析及报告等各个环节，以保障数据质量。

9.6 建立验证结果反馈机制，对验证结果进行详细分析，以便及时发现潜在问题并采取相应的改进措施。

10 工程验证记录与报告

10.1 验证记录

每次VOCs溯源应建立台账，以方便追算和重复验证。验证记录应包括溯源启动方式、报警点位置信息以及相关监测结果、关键点位的信息以及溯源相关的所有结果。其中，VOCs溯源结果验证记录表参见附表1、2。

10.2 验证报告编制大纲（附后）

工程验证活动完成后，应迅速对验证结果进行汇总，并依据编制大纲（附录A）及时编写验证报告，以确保报告内容的完整性、准确性和规范性。



附 录 A
(资料性)
验证报告记录内容

验证报告应具有以下内容：

- a) 开展VOCs溯源的大气扩散模型名称、版本以及相关运行参数等信息。
- b) 按照6.1 总结开展工程验证的工业园区的基础信息资料，包括工业园区名称，地理位置，以及相关企业信息。
- c) 按照6.2 总结开展工程验证的工业园区的环境监测体系、气象观测网络信息，以及溯源事件当时的相关气象参数。
- d) 选用的工程验证方法以及开展验证流程，填写验证记录见表A.1、表A.2，给出验证结果。

表A.1 VOCs溯源验证结果记录表（车载或机载监测方式用）

工业园区名称：		大气污染扩散模型：		联系人及联系方式：	
日期与时间：		报警方式：		报警位置或经纬度：	

序号	时间	监测高值点位置	模拟高值点位置	位置偏差	平均位置偏差	一致性（偏差≤30 %）
1						
2						
3						
4						

注：报警方式指环境监测网络发现 VOCs 超标或园区接到异味投诉。偏差计算采用公式（1~2）。

表 A.2 VOCs 溯源结果验证记录表（独立验证数据验证方式）

工业园区名称：		大气污染扩散模型：		联系人及联系方式：	
日期与时间：		报警方式：		超标点位编号或经纬度：	
气象五参：				辐射四分量：	

超标指标	独立验证数据点位编号	独立验证数据点实测结果	独立验证数据点模拟结果	偏差	平均偏差	一致性（偏差≤30 %）

注：报警方式指环境监测网络发现VOCs超标或园区接到异味投诉。超标点位编号和独立验证数据点位编号与环境监测网络编号一致。偏差计算采用公式（3~4）。

参 考 文 献

- [1] GB 16297 大气污染物综合排放标准
- [2] GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
- [3] HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境
- [4] HJ 945.1 国家大气污染物排放标准制订技术导则
- [5] DB32/T 2917 市域重大危险源公共安全规划编制导则
- [6] DB50 /457 化工园区主要水污染物排放标准
- [7] T/ACEF 156 恶臭/异味污染走航监测技术指南
- [8] 有毒有害气体环境风险预警体系建设技术导则 （征求意见稿）环办应急函〔2019〕451 号
- [9] 大气颗粒物来源解析技术指南（试行） 中华人民共和国生态环境部环发〔2013〕92 号