

《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》

编制说明



《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》编制组

二〇二五年一月

目 录

1.项目背景.....	3
1.1 任务来源.....	3
1.2 工作过程.....	4
1.2.1 成立标准编制组，查询国内外相关标准和文献资料.....	4
1.2.2 标准专家立项论证.....	5
1.2.3 编写标准征求意见稿和编制说明.....	5
2 标准制订的必要性分析.....	5
2.1 开展工程验证是评估模型的准确性和可靠性的最直观、最具有说服力的方法.....	5
2.2 有利于促进环境管理与绿色清洁社会建设.....	6
3 国内外相关分析方法研究.....	6
4 标准制订的技术路线.....	8
4.1 标准制订的目的.....	8
4.2 标准制订的原则.....	8
5 主要技术内容及说明.....	9
5.1 标准结构框架.....	9
5.2 适用范围.....	10
5.3 主要技术内容确定依据.....	11
5.4 主要技术内容.....	11
6 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性.....	11
6.1 目前已有的标准情况.....	11
6.2 与相关法律、法规、规章、强制性标准相冲突情况.....	11
7 社会效益.....	11
8 重大分歧意见的处理经过和依据.....	12
9 废止现行相关标准的建议.....	12
10 提出标准强制实施或推荐实施的建议和理由.....	12
11 贯彻标准的要求和措施建议.....	12
12 其他应予以说明的事项.....	12

《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》

编制说明

1.项目背景

1.1 任务来源

近年来，随着我国化工园区规模的不断扩大，挥发性有机物（VOCs）废气的排放已成为一种独特的“多源、多因子、多时空维度”的复杂现象，对其科学防治成为了世界性难题。在诸多解决方案中，精准溯源被认为是实现科学防治的重要前提。在此背景下，利用大气扩散模型对化工园区废气进行溯源和验证工作已成为当前迫切需要解决的问题。

目前，尽管已经开发出多种溯源技术，但在应对化工园区废气污染这一问题时，现有的溯源技术尚无法满足精确、全面的要求。这主要是因为化工园区的废气排放受到多种因素的影响，包括但不限于时间、地点、风向、风速、温度、湿度等。这些因素的变化都会导致废气排放的扩散路径和浓度分布发生变化，给溯源工作带来极大的困难。

大气扩散模型是一种基于数学模型的方法，能够通过对气象条件和排放源数据的模拟和分析，实现对废气排放的精准溯源。它能够综合考虑各种影响因素，提供全面、精确的溯源结果，为化工园区废气的科学防治提供有力支持。同时，通过不断优化和完善大气扩散模型，我们有望进一步提高溯源的精度和效率，为解决化工园区废气污染问题提供更有效的手段。

同时，对于模型结果的准确性至关重要，仅有准确的结果才能有效指导污染控制策略的制定和实施。因此，开展大气扩散模型溯源结果准确性的验证工作尤为重要。目前对于模型结果的准确性的验证方法有历史数据验证：通过对比模型模拟结果与历史气象数据、排放数据等，评估模型的准确性。这种方法需要收集大量的历史数据，并进行深入的分析 and 比较。2.同类模型比较：将模型模拟结果与其他同类模型进行比较，评估模型的准确性。这种方法需要选择

合适的同类模型，并进行合理的比较和分析。3.专家评估：邀请专家对模型模拟结果进行评估，根据他们的经验和知识，对模型的准确性进行判断。这种方法主观性较强，但可以提供一定的参考价值。4.迭代优化：通过不断优化模型参数和算法，提高模型的准确性。这种方法需要不断进行迭代和改进，才能取得更好的效果。5.现场工程验证：通过在现场设置观测点，对模型模拟的空气质量进行实际观测，并与模型模拟结果进行比较。这种方法无疑是最直观地评估模型的准确性。然而，目前尚无统一的技术规范来指导溯源结果的验证工作。这给模型的应用和推广带来了一定的困扰。因此，制定一套科学、合理、可操作的技术规范，用于评估和验证大气扩散模型在化工园区废气溯源中的准确性，对于推动环境管理的发展和保障公众健康具有重要意义。

在上述大背景下，本标准由中华环保联合会、浙江工业大学共同发起。并成立了指南编写组，按照 GB/T1.1—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》的规定起草本指南。

其中主编单位有浙江工业大学和中国科学院大气物理研究所；副主编单位有天津市生态环境科学研究院、浙江大学。参编单位有北京首创大气环境科技股份有限公司、三捷环境工程咨询（杭州）有限公司、北京国环汇智环境科技有限公司等。

1.2 工作过程

1.2.1 成立标准编制组，查询国内外相关标准和文献资料

为指导化工园区大气扩散模型溯源结果验证的技术工作，中华环保联合会、浙江工业大学组建编制组共同起草编制了《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》。

依据《中华人民共和国标准化法》、国标委及民政部《团体标准管理规定》的文件精神；根据《中华环保联合会团体标准管理办法（试行）》的相关规定，拟立项《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》团体标准（中环联字[2023]267号）。同时项目名称、主要起草单位等项目信息在全国团体标准信息平台网站（<http://www.ttbz.org.cn>）予以公示。

本标准发起单位分别于2024年4月8日和2024年4月26日通过函评、网络会议召开二次工作组会议，成立标准编写工作组。经查询国内外相关标准和

文献资料、凝炼和总结，工作组成员单位各技术专家通过认真讨论、仔细推敲，并经试验验证，确定了最具代表性和可操作性的构建方法、质控要求等，形成本文件内容。团标编制组于 2024 年 5 月份形成标准初稿。

1.2.2 标准专家立项论证

2024 年 7 月 10 日中华环保联合会组织专家召开团标立项评审会，予以立项（【2023】267 号），并提出修改意见。

2024 年 12 月 27 日中华环保联合会组织专家召开团标初审会，对修改情况以及团标草案进行了全面细致的审核，建议将团体标准名称改为《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》，建议增加总体原则和要求，质控要求等，形成本文件内容。

1.2.3 编写标准征求意见稿和编制说明

针对专家意见，进行了修改。具体修改情况见附件 1 和 2。

2 标准制订的必要性分析

2.1 开展工程验证是评估模型的准确性和可靠性的最直观、最具有说服力的方法

目前，主要开展有模型验证、模型敏感性分析、以及模型之间的对比验证。模型验证即对模型的预测结果与实际观测数据进行比较。通过对比模型输出的浓度分布、浓度时间序列等与实际观测数据的对比，可以评估模型的准确性。常用的评估统计指标包括均方根误差（RMSE）、平均相对误差（MRE）等。模型敏感性分析是通过对模型输入参数的敏感性进行分析，了解模型结果对不同参数的响应程度，帮助确定哪些参数对模型输出结果影响最大，进而提供改进模型准确性的方向。模型间的比较是将不同模型的预测结果进行对比，常见的比较指标包括模型的偏差和相关系数等。相比之下，开展实际应用案例分析是验证模型的准确性和可靠性的最直观、最具有说服力的方法。

2.2 有利于促进环境管理与绿色清洁社会建设

工程验证对于大气扩散模型的可靠性和准确性至关重要，不仅可以帮助环境管理部门做出科学决策，还可以增强公众对环境问题的信任。通过制定和遵守技术规范，我们可以确保大气扩散模型在环境管理和污染治理中发挥更大的作用，促进绿色园区、清洁环境和健康社会的建设。

3 国内外相关分析方法研究

大气扩散模型是一种基于数学和物理原理的模型，用于模拟和预测大气中污染物的传输和演化。通过收集和分析实时气象、环境监测数据以及相关污染事件的信息，结合大气扩散模型，可以对污染源的位置和排放量进行反向溯源。

国际上常用的有 Gaussian 模型（如 AERMOD）、Lagrangian 模型（如 HYSPLIT）、Eulerian 模型（CALPUFF、CMAQ）。这些模型一般以 Pasquill 和 Gifford 等研究者得出的离散不同稳定度条件下的大气扩散参数曲线和 Pasquill 方法确定的扩散参数为基础，采用简单的、参数化的线性机制描述复杂的大气物理过程，适用于模拟惰性污染物的长期平均浓度。高斯模式（如 ISC、AERMOD、ADMS）由于其结构简单，对输入数据的要求不高以及计算简便，20 世纪 60 年代以后，在大气环境问题中得到了最为广泛的应用。但近年来城市及区域环境问题如细粒子、光化学烟雾等往往与污染物在大气中的化学反应紧密相关，而第一代模型没有或仅有简单的化学反应模块，这使它们的应用受到了很大限制。

20 世纪 90 年代末美国环保局基于“一个大气”理念，设计研发了第三代空气质量模式系统 Models-3/CMAQ，CMAQ 是一个多模块集成、多尺度网格嵌套的三维欧拉模型，突破了传统模式针对单一物种或单相物种的模拟，考虑了实际大气中不同物种之间的相互转换和互相影响，开创了模式发展的新理念。当前主流的第三代空气质量模式还包括 CAMx、WRF-CHEM 等。特别是美国大气研究中心 NCAR 开发的 WRF-CHEM 模式考虑了气象和大气污染的双向反馈过程，在一定程度上代表了区域大气模式未来发展的主流方向。中国的第三代空气质量模式以中国科学院大气物理所自主研发的嵌套网格空气质量预报

模式 NAQPMS 为代表，用于区域尺度的大气扩散和污染物预测，目前已在北京、上海、深圳、郑州等城市空气质量实时预报业务中得以应用。另外，中国气象局和美国国家大气研究中心合作开发的大气数值模式 WRF，可用于模拟天气和大气环流，同时也可以结合污染物的输送模拟大气扩散；由中国环境科学研究院提出的 PSCF，通过计算潜在源贡献函数来确定污染物的可能源区域等。

此外，大气扩散模型的准确性依赖于输入数据的质量。包括气象数据、石化园区的排放源数据、地形数据等。比如，排放清单的准确性是影响大气扩散模型模拟结果的最重要因素。我国污染源排放数据一直数出多门，官方掌握的污染源普查、环境统计、总量减排核查、排污申报及收费等数据仅限于环保系统内部使用，详细数据未向社会公开。为此，国内外科研院所纷纷展开了对中国排放清单的估算及研究工作，排放清单呈现“多样化，各自为战”的研究局面，其中空间尺度最大、涵盖物种最多、应用最广的排放清单为清华大学参与编制的 MEIC（2010 年）、INTEX-B（2006 年）、TRACE-P（2000 年）排放清单。在这种格局下，我国逐步形成了“官方数据”与“科研数据”两套相对独立的排放清单体系。除官方数据外，不同研究单位建立排放清单的方法学差异同样较大，相互之间无法对比。排放数据来源的多样化直接导致模型模拟结果缺乏可比性，针对同一个问题采用不同的排放清单数据或采用相同的排放清单数据采取不同的技术处理规则，模型模拟结果差异可能非常大。因此，当前我国大气扩散模型研究工作大多就事论事，不同研究工作，不同时空范围的研究成果很难相互印证、对照。如果这些输入数据存在误差或者不准确，可能会对模型的预测结果产生较大影响。石化园区一般占地数十到百余平方公里，但由于排放源通常较为复杂，涉及到各种不同类型的排放源，如烟囱、储罐、泄漏等。这些排放源的准确的排放量数据往往难以获取，不同污染物的物理和化学性质不同，对模型的适用性也有一定要求，再加上园区缺少精细化的气象数据、地形数据，这些都会增加模型对排放源数据的预测的不确定性，挑战其准确性和可靠性。

开展空气质量模拟工作的一个重要环节即利用实际观测数据对大气扩散模型模拟结果进行验证，将模型中的一些关键参数本地化，使大气扩散模型能够真实的反映所研究区域的大气污染过程。我国城市空气质量常规监测主要以近地面观测为主，观测点位多集中在城市中心，且点位密度小，高空探测、卫星

遥测等先进的观测手段应用较少，难以获得高时空分辨率的空气质量观测数据。此外，常规空气质量监测指标仅限于 SO₂、PM₁₀、NO₂ 三项污染物，对 VOCs、O₃、PM_{2.5} 等涉及大气化学反应过程的关键性指标尚未大范围开展监测。因此，对于复合型大气污染过程进行模拟，现有观测数据较难对模型中的关键性参数进行有效率定。目前，分析模型在实际应用中的效果和适用性，即开展模型的工程验证，还缺少验证方法的规范化：包括污染物和气象参数的时空分辨率，污染物指标及其分析精准性，验证的方法和工作流程和偏差分析等，以确保溯源模型的工程验证是有意义和可重复的。

4 标准制订的技术路线

4.1 标准制订的目的

编制本可为化工园区及其他工业园区开展大气扩散模型溯源和验证工作提供规范和指导，有助于解决现有溯源模型在准确性验证方面存在的问题，提高大气污染防治的科学性和有效性。

4.2 标准制订的原则

科学系统性。验证方法应基于科学原理，具有系统性，能够全面、准确地反映模型的溯源结果。

技术先进性。利用大气扩散模型对化工园区 VOCs（挥发性有机化合物）的传播和变化进行模拟本身就是一种非常先进的技术，可以帮助园区管理机构更好地了解污染物的来源、扩散路径以及可能的污染影响。验证方法还结合了庞大而精准的监测网络和走航监测设备来提供实时、准确的污染物信息和数据样本。这些都体现了本标准的先进性。

可操作性。综合考虑现场实际情况，提出了多种形式的验证工作和评价方法，对于相类似 VOCs 污染源排放园区的大气扩散模型溯源结果的验证都具有指导意义和参考价值。

4.3 标准制订的技术路线

本标准团体标准，适用于化工园区及其他工业园区开展大气扩散模型溯源和验证工作的开展，包括开展工程验证的数据需求、开展模式溯源的工程验

证的三种流程、以及评价方法和规则等；同时也适用于其他类似涉及 VOCs 排放的工业园区大气扩散模型溯源结果的验证。制定技术路线如图 1 所示。

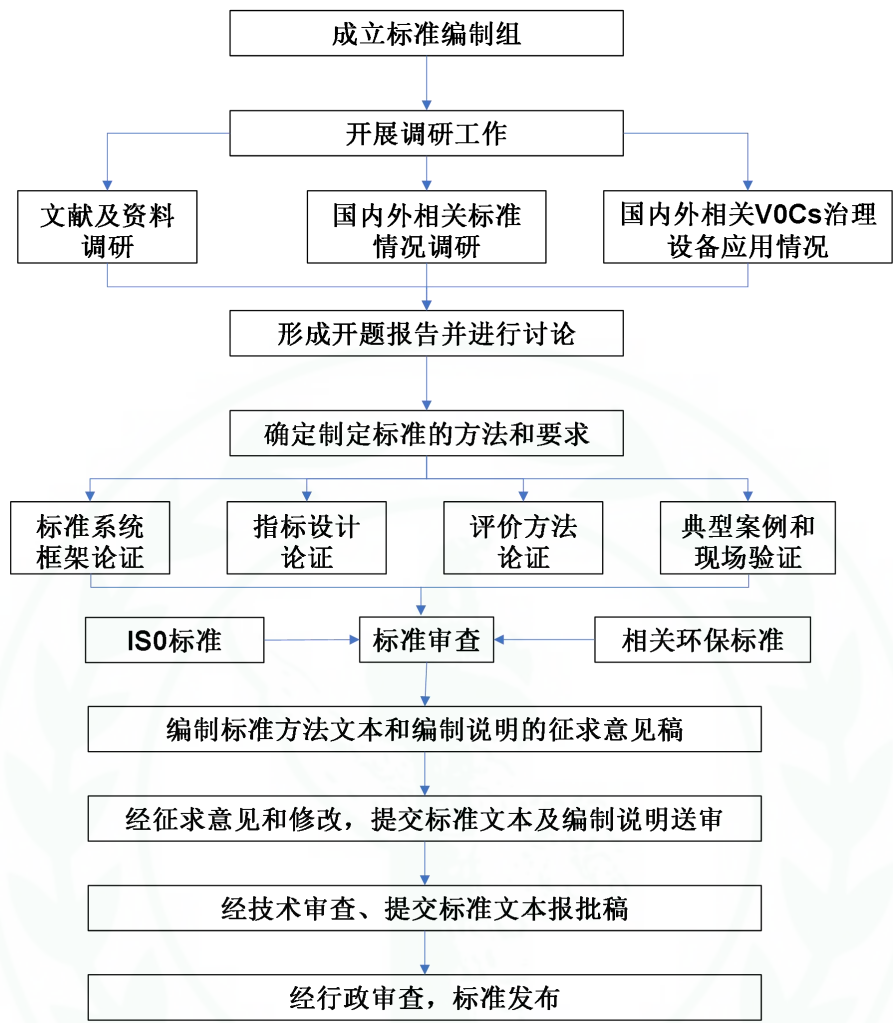


图 1 技术路线图

5 主要技术内容及说明

5.1 标准结构框架

本标准主要技术内容包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、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 10 部分以及附录 A。

- (1) 适用范围：概述了本标准的编制内容和适用范围。
- (2) 规范性引用文件：介绍了本标准中引用的相关标准文件。
- (3) 术语和定义：规定了本标准中的相关术语。

（4）总体原则和要求：规定工程验证活动需个性化调整并与实际监测数据相结合，和在工业园区进行 VOCs 大气扩散模型溯源的基本流程，以确保模型结果对环境管理决策的有效支撑和科学性。

（5）验证对象：规定了本标准验证的相关大气扩散模型。

（6）验证条件：规定了工业园区进行 VOCs 大气扩散模型溯源所需的基础信息资料和监测能力要求，包括地形数据、源排放清单、常规污染物和 VOCs 监测数据，以及气象观测网络和风廓线数据等。

（7）技术要求：规定的对大气扩散模型溯源进行工程验证的技术要求，包括验证流程的启动条件、对完整溯源结果的准确性检验，以及三种工程验证方法和具体流程的描述。

（8）评价方法和规则：规定溯源结果准确性的判定依据和规则。

（9）质量保证与控制：规定了在进行溯源工程验证活动时的质量保证与控制措施，包括制定验证计划、执行标准化方法、定期校准和维护监测设备、对人员实施培训、建立数据质量控制体系和验证结果反馈机制，以确保验证活动的准确性和可靠性。

（10）溯源的工程验证记录与报告：规定了开展验证工作相关的记录和报告的内容。

附录 A：规定了验证报告应当包含的内容，包括大气扩散模型的详细信息、工业园区的基础信息资料、环境监测体系和气象观测网络信息、工程验证方法及流程，以及验证结果的记录表格（如附表 1 和 2）。

5.2 适用范围

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。

本文件适用于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，指导其在利用大气扩散模型对园区挥发性有机物进行溯源时判断其结果的准确性。

5.3 主要技术内容确定依据

挥发性有机物（VOCs）废气的排放确实是我国化工园区一个独特的、复杂的污染源。由于化工生产过程中涉及到多种化学反应和物质转化，因此会产生多种挥发性有机物废气，这些废气在排放过程中可能会受到多种因素的影响，如温度、湿度、风速、化学物质性质等，从而导致排放特征的多样性和复杂性。化工园区 VOCs 的科学防治成为了世界性难题。在诸多解决方案中，精准溯源被认为是实现科学防治的重要前提。在此背景下，利用大气扩散模型对化工园区废气进行溯源和验证工作已成为当前迫切需要解决的问题。

开展大气扩散模型的溯源和验证工作，需要园区提供详细的地理、气象、以及污染物排放、环境监测数据等相关信息。这些信息对于模型的准确性和可靠性至关重要。基于上述基础信息和数据，可以利用监测溯源、独立数据、示踪气体等方式开展模式溯源的工程验证。

5.4 主要技术内容

具体详见标准文本。

6 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

6.1 目前已有的标准情况

通过资料查阅和文献检索，未检索到有关大气扩散模型溯源结果的验证的任何标准等技术规范性文件。

6.2 与相关法律、法规、规章、强制性标准相冲突情况

无冲突情况。

7 社会效益

该团体标准的出台，有利于提高污染源识别与定位的精确性，进而有效实施减排措施，降低 VOCs 排放，优化空气质量，保障环境安全与公众健康。此外，本标准将激励工业园区采纳更尖端的技术与设备，以满足监测与溯源的工作需求，促进相关技术领域的创新与进步，并规范工业发展的行业标准，引领

企业遵循绿色发展理念，走向可持续发展的道路，从而提升行业整体发展水平。同时，实施绿色展览与环保策略，不仅有助于环境保护，还将推动经济的持续健康发展，实现经济效益与生态效益的协同共赢。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

9 废止现行相关标准的建议

无需废止现行相关标准。

10 提出标准强制实施或推荐实施的建议和理由

本标准为中华环保联合会团体标准。

11 贯彻标准的要求和措施建议

本标准将在全国团体标准信息平台上自我声明采用本标准，其他采用本标准的单位也应在信息平台上进行自我声明。

12 其他应予以说明的事项

无。