

Accuracy Evaluation of Volatile Organic Compounds Online Monitoring Data

Tingting Yao Xiubo Zhang Yurong Zhou Yumin Lai

Zhejiang Qiusi Environmental Monitoring Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

Volatile Organic Compounds (VOCs), as one of the air pollutants, are widely present in industrial emissions, traffic emissions, and other fields, causing severe impacts on the environment and human health. With the growing demand for air pollution control, the application of VOCs online monitoring technology has become increasingly widespread, serving as an important tool for real-time monitoring and controlling VOCs emissions. However, the accuracy of monitoring data is directly related to the scientific and effective decision-making in environmental management, making accuracy evaluation particularly important. By optimizing monitoring technology, improving data processing methods, and enhancing standardization, the accuracy of VOCs online monitoring data can be significantly improved, providing more reliable data support for environmental pollution prevention and control.

Keywords

Volatile Organic Compounds; Online Monitoring; Accuracy Evaluation; Data Processing; Environmental Management

挥发性有机物在线监测数据的准确性评价

姚婷婷 张秀博 周雨蓉 赖于民

浙江求实环境监测有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要

挥发性有机物 (VOCs) 作为大气污染物之一, 广泛存在于工业排放、交通排放等领域, 对环境和人类健康产生严重影响。随着大气污染治理需求的不断增长, 挥发性有机物在线监测技术的应用日益广泛, 成为实时监测和控制 VOCs 排放的重要手段。然而, 监测数据的准确性直接关系到环境管理决策的科学性和有效性, 因此准确性评价显得尤为重要, 通过优化监测技术、改进数据处理方法与标准化建设, 可以显著提高 VOCs 在线监测数据的准确性, 为环境污染防治提供更可靠的数据支持。

关键词

挥发性有机物; 在线监测; 准确性评价; 数据处理; 环境管理

1 引言

挥发性有机物 (VOCs) 是指在常温常压下易挥发的有机化学物质, 广泛存在于工业排放、交通排放和日常生活中。VOCs 的排放不仅导致空气污染, 还能与氮氧化物反应生成臭氧和二次有机气溶胶, 严重影响空气质量及人类健康。为了有效控制 VOCs 排放, 在线监测技术作为实时获取排放数据的重要手段, 已被广泛应用于各类工业和环境监测领域。然而, VOCs 在线监测数据的准确性受到多种因素的影响, 如设备性能、环境条件和数据采集方法等, 因此, 确保数据准确性对科学决策和污染控制至关重要。本文旨在评估 VOCs 在线监测数据的准确性, 通过总结准确性评价方法和提升策略, 为相关技术的优化和应用提供理论依据。

2 挥发性有机物 (VOCs) 在线监测技术概述

2.1 挥发性有机物的定义与特点

挥发性有机物 (VOCs) 指的是在常温常压下能迅速挥发的有机化学物质。这些物质通常是由碳、氢、氧等元素组成, 具有较高的蒸汽压和挥发性。VOCs 的种类繁多, 包括烃类、醇类、酮类、醛类、酯类等, 这些化合物广泛存在于自然界和人类生产活动中。它们不仅是空气污染的重要来源, 也是大气中臭氧和细颗粒物形成的前体物质。VOCs 的排放会对环境和健康造成严重影响, 长期暴露可能引发呼吸道疾病、癌症等健康问题, 同时还可能导致酸雨、雾霾等环境污染问题。因此, 对 VOCs 进行有效监测和控制显得尤为重要。

2.2 在线监测技术的原理与发展

VOCs 在线监测技术主要通过采集和分析空气中的气体成分, 实时监测 VOCs 的浓度和种类。其原理通常基于气体传感器、电化学分析、红外吸收、气相色谱等方法。随着科

【作者简介】姚婷婷 (1998-), 女, 中国浙江绍兴人, 本科, 助理工程师, 从事生态环境监测与分析研究。

技的进步,在线监测技术已经发展成为能够实时、连续、自动化的环境监测手段,广泛应用于大气污染监测、工业排放监管、室内空气质量监控等领域。传统的监测方法主要依赖人工采样和后期分析,周期长、效率低。而现代在线监测系统则能够实现数据实时上传和自动报警,大大提高了监测的时效性和准确性。随着智能化和自动化技术的发展,在线监测系统逐步向更高精度、更低成本的方向发展,未来将实现更加精准和广泛的应用^[1]。

2.3 挥发性有机物监测的应用领域

挥发性有机物的监测具有广泛的应用领域,涵盖了环境保护、工业生产、公共安全等多个方面。在环境保护领域,VOCs的在线监测用于空气质量评估、污染源追踪和环境风险评估,尤其是在大气污染防治过程中起到关键作用。在工业生产领域,挥发性有机物监测能够有效监管工业排放,保障企业符合排放标准,减少对周围环境的污染。在城市管理和公共安全领域,VOCs的监测还可用于室内空气质量、公共卫生监控等。此外,VOCs监测还被广泛应用于农业、化工、建筑等行业,确保在这些领域中的有害物质不会超标排放,保障人类和生态环境的安全。

3 挥发性有机物在线监测数据的准确性要求

3.1 准确性对环境监测的重要性

VOCs在线监测数据的准确性直接关系到环境监测的有效性和科学性。准确的数据能够为环境管理者提供可靠的依据,确保制定出的环境保护政策和措施能够有效应对污染问题。若数据不准确,将导致错误的排放量评估和污染源识别,从而影响对污染源的监管和治理效果。准确性高的监测数据还能够支持对政策执行效果的实时评估,及时发现问题并进行调整。此外,VOCs的监测数据常常作为法定检测的依据,因此其准确性不仅对环境保护具有重要意义,还对相关企业的合规性和社会公共利益起着保障作用。

3.2 监测设备性能对数据准确性的影响

VOCs在线监测数据的准确性在很大程度上依赖于监测设备的性能。监测设备的灵敏度、选择性、稳定性和重复性等性能参数直接决定了数据的精度。设备的灵敏度决定了能够检测到的VOCs浓度范围,过低的灵敏度可能导致低浓度VOCs的漏检。选择性则影响设备识别不同VOCs物质的能力,若设备的选择性较差,可能会因其他气体干扰而导致误差。设备的稳定性是确保长期使用中数据稳定可靠的关键,而设备的重复性则影响多次测量结果的一致性。因此,选择适合的监测设备、定期校准和维护设备是确保数据准确性的基本要求。

3.3 数据采集与处理中的误差来源

数据采集和处理过程中存在多个可能的误差来源,影响着VOCs监测数据的准确性。在数据采集阶段,误差可能来自传感器的灵敏度偏差、环境干扰、温湿度变化等因素。

传感器的老化和污染可能导致其响应灵敏度下降,进而影响测量值的准确性。环境因素如温度、湿度、气压等也可能对传感器的读数产生影响,特别是在极端天气条件下,这种影响更为显著。数据处理阶段,误差可能来源于算法模型的不完善、数据滤波处理不当等问题。若数据清洗和处理方法不精确,可能导致数据失真,进而影响最终分析结果。因此,在数据采集和处理过程中,需要采取科学的误差校正方法,确保数据的精确性和可靠性。

4 挥发性有机物在线监测数据准确性评价方法

4.1 常见的准确性评价指标

挥发性有机物在线监测数据的准确性通常通过多个评价指标来衡量,其中最常见指标包括相对误差、灵敏度、特异性、重复性和精度。相对误差反映了监测值与实际值之间的偏差,通常采用百分比形式表示。灵敏度是指传感器对低浓度VOCs的响应能力,影响着设备能否准确识别环境中低浓度的污染物。特异性则衡量设备是否能有效区分不同种类的VOCs,减少交叉干扰的影响。重复性指标评估设备在相同条件下多次测量的一致性,重复性越好,表明设备稳定性越高。精度是指设备在多次测量中,数据与真实值之间的接近程度^[2]。通过这些指标,可以综合评估设备在不同条件下的表现,为数据的准确性提供科学依据。

4.2 数据质量控制与校准方法

数据质量控制与校准是确保VOCs在线监测数据准确性的关键步骤。常见的校准方法包括零点校准和跨度校准。零点校准是通过将传感器置于不含VOCs的环境中,校准其零点响应;跨度校准则是在已知浓度的标准气体环境下,调整传感器的响应范围,确保其在一定浓度范围内的准确度。数据质量控制措施包括定期的设备维护与检修,确保设备处于最佳工作状态,同时定期对采集的数据进行验证,通过与实验室分析数据对比,检查监测结果的准确性。数据质量控制还应包括对环境因素如温度、湿度等的监测,以减少这些因素对数据的影响。实施这些校准和控制方法,有助于提高监测系统的稳定性和数据的可靠性。

4.3 准确性评价实验设计与实施

准确性评价实验设计涉及到明确实验目标、选择合适的实验场所、设定合理的实验条件并设计详细的实验方案。在设计实验时,首先需要确定与VOCs浓度相关的影响因素,如环境温湿度、风速等,确保实验条件尽可能模拟实际监测环境。实验中,使用已知浓度的标准气体对传感器进行测试,记录监测数据并与真实值进行比较,从而评估设备的准确性。此外,还需进行多次测量,确保数据的可靠性和重复性。在实验实施过程中,应严格按照预定的标准操作程序进行,避免人为误差的影响。实验数据应经过严格的统计分析,评价设备的精度、灵敏度及其响应时间等关键性能指标,最终为设备性能的优化提供数据支持。

5 挥发性有机物在线监测数据准确性提升策略

5.1 提高监测设备精度的技术措施

提高 VOCs 在线监测数据准确性的核心手段之一是提升监测设备的精度。首先,选择高性能的传感器至关重要,当前气体传感器技术正迅速发展,尤其是结合了光谱分析和气相色谱技术的传感器,能够显著提高设备的灵敏度和选择性。更高的灵敏度使设备能够检测到更低浓度的 VOCs,从而提高监测的全面性和准确性。其次,采用多传感器融合技术是一种有效的方式,它能将多个传感器的数据进行合成,从而弥补单一传感器可能存在的误差,进一步提高整体系统的准确度。此外,通过实时监测设备状态并根据环境条件对数据进行动态调整,也能有效降低因环境变化而引起的监测误差。定期对设备进行校准和维护同样不可忽视,这可以确保设备始终处于最佳工作状态,避免老化和故障带来的数据偏差。结合这些技术措施,可以显著提高设备的精度,最终提高 VOCs 监测数据的可靠性和准确性^[3]。

5.2 数据处理与分析方法的优化

数据处理与分析方法的优化是提升 VOCs 在线监测数据准确性的另一个关键环节。传统的监测系统往往依赖简单的统计分析方法,这些方法可能无法充分考虑到环境干扰和传感器非线性响应的影响,导致误差无法有效修正。为了克服这些局限,数据融合技术和机器学习方法已被广泛应用。数据融合技术可以将来自多个传感器的数据进行综合处理,减少单一传感器的局限性,提高整体数据的精确度和可靠性。而机器学习则通过对大量数据的训练,能够自动调整和优化数据处理模型,识别出数据中的潜在误差并进行修正。此外,采用多变量分析方法,不仅能提高误差识别的准确性,还能优化数据校正过程。这些方法的结合使得监测系统在面对复杂环境条件时,仍能保持高水平的准确性,从而在实时监测和数据分析中获得更可靠的结果。

5.3 在线监测系统的标准化与规范化建设

VOCs 在线监测系统的标准化与规范化建设是提高数据准确性的基础保障。首先,应建立统一的监测设备和方法标准,确保所有监测设备和操作流程都能符合国家或行业的相关标准。从设备选型到安装,再到数据采集,每一个环节都应遵循统一规范,以保证整个监测系统的高效运作。其次,完善质量控制规范是提升数据准确性的关键步骤。这包括定

期对监测设备进行校准,验证数据的可靠性,并对系统进行周期性维护,确保系统稳定运行。加强监测数据的质量控制,能够有效保障数据的长期稳定性。最后,制定严格的数据采集和处理流程标准,确保每个监测步骤都经过科学设计和实施,从源头上控制数据的质量。通过实施这些标准化和规范化措施,能够有效减少人为误差和系统性偏差,确保 VOCs 监测数据的高可信度^[4]。为了进一步提升 VOCs 在线监测系统的标准化与规范化建设,还应加强监测系统的综合性能评估与认证工作。通过第三方机构的认证,确保监测设备和系统的质量符合国际或国内的严格标准。此外,培训专业人员也是至关重要的一环,操作人员需要接受规范化的培训,掌握标准化操作流程,确保监测数据的准确性与一致性。在此基础上,建立健全的监测数据管理系统,能够对实时数据进行集中存储、分析和处理,不仅能确保数据的可追溯性,还能够在异常情况出现时及时报警,从而保证数据质量的长期稳定。通过这些进一步的规范措施,可以确保 VOCs 监测系统在实际应用中的高效性与科学性。

6 结语

通过对挥发性有机物在线监测数据准确性评价方法及提升策略的探讨,可以看出,VOCs 监测在环境保护和公共健康领域具有重要意义。准确的数据是有效治理 VOCs 排放、改善空气质量的基础,而实现数据准确性的关键在于科学的评价指标、严格的数据质量控制以及优化的分析方法。通过提高监测设备的精度、完善数据处理技术、加强在线监测系统的标准化建设,能够有效提升数据的可靠性和准确性。此外,随着技术的不断进步,在线监测系统将更加智能化、自动化,能够实时响应环境变化,为环境管理提供更加精准的决策依据。

参考文献

- [1] 申凌霄.挥发性有机物在线监测与溯源技术研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(18):56-58.
- [2] 董强,田鹏,胡建莉.造纸行业废气排放超标问题与在线监测及治理措施分析[J].华东纸业,2025,55(09):73-75.
- [3] 祝浪.橡胶工业挥发性有机物VOCs排放特征及在线监测技术研究[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(06):108-110.
- [4] 郭军.化工企业挥发性有机物排放监管现状与改进[J].山西化工,2025,45(05):289-292.