

化工园区挥发性有机物排放对周边职业暴露的健康影响研究

李双君

国家能源宁夏煤业烯烃一分公司 宁夏银川市 750411

【摘要】化工园区中挥发性有机物(VOCs)的排放对周边职业人群的健康构成显著威胁。本研究通过对VOCs的排放特征、健康风险评估中存在的 key 问题,以及降低健康风险的技术与管理路径展开系统性分析,评估现有防护措施的效果,并探索未来方向。研究表明,化工园区VOCs排放具有高强度和复杂性,职业暴露导致健康风险的增加需通过技术提升和综合管理来解决。本研究为环境治理与职业健康保护提供科学依据和管理建议。

【关键词】化工园区;挥发性有机物;职业暴露;健康风险评估;环境治理

Research on the health impact of volatile organic matter emissions in chemical parks on the exposure of surrounding occupations

Li Shuangjun

National Energy Ningxia Coal Industry Olefin Branch 1 Yinchuan City, Ningxia 750411

【Abstract】The emission of volatile organic compounds (VOCs) in chemical parks poses a significant threat to the health of the surrounding occupational population. This study evaluates the effectiveness of existing protective measures and explores the future direction through systematic analysis of the emission characteristics of VOCs, key problems in health risk assessment, and technical and management paths to reduce health risks. Research shows that VOCs emissions in chemical parks are high intensity and complexity, and the increase in health risks caused by occupational exposure needs to be solved through technological improvement and comprehensive management. This research provides scientific basis and management advice for environmental governance and occupational health protection.

【Key words】chemical park; volatile organic matter; occupational exposure; health risk assessment; environmental management

引言:

挥发性有机物(VOCs)是化工园区中普遍存在的有害污染物,长期暴露于高浓度VOCs的职业人群面临着显著的健康风险,包括呼吸系统疾病和神经毒性等。随着化工生产规模的不断扩张,化工园区对环境和健康的影响受到广泛关注。现有的防护措施和风险评估手段存在诸多不足,亟需改进。本研究旨在探讨化工园区VOCs排放对职业人群的健康影响,提出有效的治理与管理路径,以降低职业暴露的健康风险。

一、化工园区挥发性有机物排放的整体特征与趋势分析

化工园区作为重要的工业集聚区,承担着大量的石油化工、精细化学品和高分子材料的生产任务,这些生产过程不可避免地会产生大量挥发性有机物(VOCs)。VOCs主要包括苯系物、烷烃、烯烃和含氧有机物等,它们在高温、催化反应以及溶剂使用过程中逸散进入大气,形成复杂的污染物组分。化工园区的VOCs排放具有高强度、高复杂性和集中化的特点,排放源涵盖了储罐、反应釜、管道、泄漏点等多

个环节。这种复杂性使得VOCs排放具有显著的空间异质性和时序波动性,即不同季节、气象条件和生产阶段的排放强度和组分存在显著差异。

近年来,随着环保要求的提升以及公众对环境质量关注度的增加,化工园区VOCs排放的监管力度不断加大,各地也纷纷加强治理技术的应用和管理措施的实施。现有的VOCs排放控制技术仍然存在局限,尤其是在多污染源、多种类VOCs共存的情况下,如何实现高效、经济的治理成为一个挑战。从排放特征上看,目前化工园区VOCs的主要排放途径仍然是无组织排放,其约占总排放量的70%以上。无组织排放的控制难度较大,源头控制薄弱、管道泄漏频繁等问题普遍存在,导致园区的VOCs污染呈现出“点、线、面”结合的复杂分布态势。VOCs的排放还受到园区生产工艺、气象条件和环保措施实施效果等多种因素的影响,这使得VOCs的排放在时间和空间上呈现较大波动,进一步增加了排放控制的难度。

从排放趋势来看,随着生产规模的不断扩张,化工园区的VOCs排放总量总体呈现上升趋势,虽然部分先进企业已经采用了较为成熟的控制技术,如挥发性有机物的密闭回收和高效焚烧,但园区整体的排放水平仍然较高,特别是中小

型企业由于资金和技术的限制,排放控制效果相对较差。部分化工园区的 VOCs 排放管理缺乏系统性,治理措施实施不规范,导致部分区域 VOCs 浓度超标现象时有发生。VOCs 作为光化学烟雾的前体物之一,对大气臭氧和二次有机颗粒物的生成有重要贡献,这使得化工园区 VOCs 排放问题不再局限于局部环境质量,而是与区域甚至更大范围的大气环境问题密切相关。

二、职业人群健康风险评估中存在的 key 问题

当前健康风险评估工作中存在诸多 key 问题,直接影响评估结果的科学性和可靠性,进而制约着有效防护措施的制定与实施。暴露评估的不确定性是当前职业健康风险评估的重大挑战之一。在化工园区, VOCs 排放的空间分布和时间变异极为复杂,不同位置、不同工艺过程产生的污染物浓度差异显著,这使得评估职业人群的暴露水平变得尤为困难。目前常用的暴露监测方法往往基于点位采样或定点监测,难以全面反映职业人群在工作过程中真实的暴露状况。

风险评估模型在职业健康研究中的适用性问题同样制约了研究的进展。目前常用的健康风险评估模型大多基于特定的假设条件,如长期稳定暴露和均质环境。在化工园区,职业人群暴露环境复杂多变,工作条件不断变化,生产工艺的调整与突发泄漏等因素的存在,使得风险评估模型的适用性受到极大限制。不同化合物之间存在的协同效应和拮抗效应,也未能在现有的模型中得到充分考虑。VOCs 作为复杂的化学混合物,其组分种类繁多,各类化学物质在人体内的代谢和毒性作用相互交织,难以仅通过简单的线性加合模型来评价整体健康风险。

在职业人群健康风险评估过程中,健康数据的获取和毒性阈值的确定也是 key 难题之一。职业人群的健康数据获取存在较大困难,受限于个体隐私、数据收集成本及统计样本的代表性,往往难以获得大规模长期的健康监测数据。这直接导致在评估中对于毒性参考值的选择存在不确定性,进而影响评估的结果可靠性。许多 VOCs 物质在健康危害方面的毒性数据尚不完备,特别是对低浓度长期暴露的健康影响研究仍然匮乏,这进一步增加了评估的不确定性。毒性阈值的不确定性意味着在进行健康风险评估时,很难准确判断暴露浓度是否会对职业人群的健康造成显著影响。

职业健康风险评估的标准和方法缺乏统一规范,使得不同研究结果之间难以进行比较和整合。不同化工园区、不同企业在进行职业健康风险评估时,采用的标准和指标各异,评估工具和计算方法的差异性进一步加大了研究结果的可比性问题。由于不同国家或地区对于 VOCs 的排放标准和健

康暴露限值存在差异,各地执行的监管力度和政策要求也不尽相同,这使得各类研究之间的结果具有较大的区域性和随机性。

三、降低职业健康风险的技术与管理路径探索

为了有效降低化工园区职业人群因挥发性有机物 (VOCs) 暴露带来的健康风险,必须综合运用技术与管理路径,构建全方位的职业健康保护体系。在技术层面,源头控制是降低职业暴露的重要环节之一,通过采用低挥发性或无挥发性原材料,可以从根本上减少 VOCs 的生成和排放。提升生产工艺的密闭性和自动化水平也是一种有效的控制措施。通过减少人工接触环节,利用自动化装置进行原料投放、反应控制和产品转移,能够有效降低操作人员的暴露风险。针对化工园区中普遍存在的设备泄漏问题,应积极应用泄漏检测与修复 (LDAR) 技术,对储罐、管道、阀门等设备进行常规检测和维护,从而降低无组织排放的发生频率。

在末端治理方面,可以采用多种 VOCs 控制技术,如吸附、冷凝、焚烧和生物降解等方法,以实现废气的有效处理。吸附技术适用于低浓度大风量的 VOCs 治理,特别是在挥发性有机物的种类多且浓度波动大的情况下,吸附材料的选择与再生技术的优化显得尤为关键。而对于高浓度的有机废气,热氧化焚烧技术和催化燃烧技术能够实现有效的处理,并在合理回收利用余热的情况下,降低能源消耗。近年来生物过滤技术也逐渐应用于 VOCs 治理中,通过生物反应器内微生物的代谢作用,将 VOCs 转化为无害物质,在实现污染治理的具备节能和环保的优势。

除了技术措施之外,管理路径的创新和强化对于降低职业健康风险也至关重要。健全的职业健康管理制度是化工园区内健康风险控制的基础。建立完善的职业健康监测体系,对职业人群的暴露水平和健康状况进行持续的跟踪和评估,可以及时发现问题并采取相应措施。职业暴露限值的设置应参考最新的毒理学和流行病学研究成果,并结合实际生产条件进行动态调整,以确保其具有科学性和可操作性。在此基础上,企业需要对从业人员进行系统的职业安全培训,使员工充分了解 VOCs 的健康危害及防护要点,掌握必要的应急处理技能,以提高其自我保护意识和能力。

在化工园区管理方面,区域内的综合治理和协同管理也是降低健康风险的重要路径。化工园区的企业往往存在多家并存的情况,各企业之间的 VOCs 排放相互叠加,形成了区域性的复合污染。

四、典型化工园区职业暴露防护实践的效果分析

在典型化工园区中,针对职业暴露健康风险的防护措施已逐步得到实施,并在多年的实践中取得了一定成效。这些防护实践主要涵盖了源头控制、过程防护和末端治理三方面的措施,通过系统化的防护策略,旨在有效降低职业人群暴露于挥发性有机物(VOCs)中的健康风险。从实际效果来看,应用密闭化生产工艺是化工园区降低VOCs排放的重要举措之一。通过升级生产设备,采用封闭式反应器和管道输送系统,大幅减少了无组织排放点的数量,这种密闭措施在降低操作人员暴露风险方面展现了显著优势。采用自动化控制系统,减少了人员在高暴露区域的操作频率,使得员工的健康受到更好保障。

在个人防护方面,各类防护设备的有效使用也是防护实践的关键组成部分。化工园区为职业人群提供了多种类型的个人防护设备,包括呼吸防护器、化学防护服等,通过定期的培训和监督,确保从业人员正确佩戴和使用这些防护装备。健康监测和体检也是职业防护的重要手段之一,化工园区为员工建立了健康档案,定期进行职业病相关的专项检查,以便及时发现可能的健康风险并采取相应的防护措施。从监测结果来看,经过长期实施防护设备的使用和健康监测,员工的呼吸道症状和皮肤不良反应发生率有了显著降低,这表明个人防护措施对职业健康风险的控制效果是积极的。

另一方面,园区内部的泄漏检测与修复(LDAR)程序也在VOCs控制中取得了良好效果。通过定期对储罐、阀门和管道等可能发生泄漏的部位进行检测,及时修复泄漏点,显著减少了VOCs的无组织排放。LDAR技术的应用,有效降低了园区内特定区域的VOCs浓度,改善了局部空气质量,职业人群在这些区域的暴露水平也相应减少。园区内的集中废气处理设施通过改进焚烧和吸附技术,将废气中的有毒有害物质大幅降低,使得末端排放浓度控制在较低水平,从而减轻了职业暴露的整体健康风险。在环境管理方面,化工园区引入了统一的环境监控和应急响应系统,对区域内的VOCs浓度进行连续实时监测,并结合气象数据进行扩散预测,以应对突发的泄漏事件。

参考文献

- [1]王丽华, 刘志强. 化工园区挥发性有机物排放特征与控制技术进展[J]. 环境科学研究, 2020, 33(5): 75-82.
- [2]李建国, 黄晓梅. 职业暴露风险评估方法研究进展[J]. 环境与职业医学, 2019, 36(4): 205-212.
- [3]张宇轩, 陈丽芳. 挥发性有机物污染的健康影响与防控对策[J]. 中国环境管理, 2021, 43(6): 15-20.
- [4]孙伟强, 杨若兰. 基于化工园区环境风险的健康影响评估研究[J]. 环境工程学报, 2022, 16(3): 90-98.
- [5]刘欣然, 王海涛. 化工园区环境治理现状与职业健康保护建议[J]. 环境科学与技术, 2023, 42(7): 12-18.

五、化工园区环境治理与职业健康保护的未來方向

化工园区的环境治理与职业健康保护需要继续向更加精细化和系统化的方向发展,以应对日益复杂的环境与健康挑战。在环境治理方面,未来的方向应聚焦于污染源的深度控制和综合防治。随着化工园区规模的不断扩张以及生产工艺的日益复杂化,源头治理将成为控制挥发性有机物(VOCs)排放的核心策略。通过在生产工艺中全面引入绿色化学理念,减少有害原料和溶剂的使用,推行清洁生产,从源头减少污染的产生。针对已有的污染源,要实现治理技术的智能化与高效化,借助先进的传感技术和物联网系统,搭建实时监控与数据分析平台,实现对VOCs排放的智能监测和自动化处理。

在职业健康保护方面,未来需要构建更加完善的风险评估与职业保护体系,以全面保障从业人员的健康安全。职业健康风险评估应引入更加精准的个体暴露监测技术,通过佩戴便携式监测设备,动态记录职业人群在不同工况下的实际暴露水平,从而提供更具针对性的健康风险评估结果。在风险评估的基础上,职业防护措施也应实现个性化定制,根据不同岗位的工作特性与暴露风险,为从业人员提供差异化的防护设备与措施。管理者还需加强对职业健康的动态监管,通过大数据技术,对员工的健康体检数据、暴露数据等进行整合分析,以及时发现潜在的健康风险并采取早期干预。

结语:

化工园区挥发性有机物(VOCs)排放对周边职业人群健康构成了严重威胁,长期暴露可能导致呼吸系统疾病、神经毒性等健康问题。通过对VOCs排放特征、健康风险评估问题以及防护措施的研究,本文提出了技术和管理路径的双重防控策略。尽管目前存在一定的挑战,但通过源头控制、末端治理、个性化防护以及完善的健康监测系统,可以有效减少职业暴露带来的健康风险。未来,化工园区应进一步强化技术创新与管理规范,推动绿色生产和智能化治理,从而为职业人群的健康保护提供更有有力保障。