

# 水质分析中煤的挥发性有机物的分离与定量研究

牛艳梅 柳佳伟

陕西榆能化学材料有限公司, 陕西榆林, 719302;

**摘要:** 在水质监测与环境保护领域, 煤中挥发性有机物的分离与定量分析具有重要意义。煤的挥发性有机物在工业生产及使用过程中易释放至水体, 对水环境安全及生态系统稳定构成威胁。因此, 深入研究其分离方法和定量技术对于提升环境监测与污染治理水平至关重要。本文围绕煤中挥发性有机物在水质分析中的行为展开, 探讨了适用于挥发性有机物高效分离的提取技术及精确测定其含量的分析手段。根据我国相关水质标准和环境保护要求, 本文梳理了当前主流的分离方法, 分析了不同条件下提取效率及影响因素, 总结了常见定量分析方法的适用范围与局限性。研究结果表明, 科学选择分离工艺与定量方法能有效提升挥发性有机物的检测灵敏度和准确性, 为煤污染水体的风险评估和治理提供理论依据。本研究对于完善水质分析技术体系、保障水环境安全及推动煤炭行业绿色发展具有积极意义。

**关键词:** 水质分析; 煤; 挥发性有机物; 分离方法; 定量分析

**DOI:** 10.64216/3080-1508.25.04.043

## 引言

在全球工业化加快进步背景下, 煤炭充当我国主要能源, 在发电、冶金和化工等领域被普遍使用。煤的开采、运输和利用过程中容易排放出挥发性有机物 VOCs, 渗入水体后, 不单危及水环境质量, 亦损害生态系统健康。煤中 VOCs 拥有较强迁移性和毒性, 可以引发水体富营养化、加强毒性及持久性污染。近些年的水质监测报告中, 多数流域出现 VOCs 超出标准, 干扰可持久利用。当前面向煤中 VOCs 的水质分析主要运用顶空固相微萃取 HSSPME 与气相色谱质谱 GCMS 结合, 尽管带有一些成效, 但依然存在例如检出限偏高、回收率偏低、基体干扰等等不足。随着环保要求和水质标准提高, 亟须高效、灵敏、适用复杂水体的 VOCs 分离与检测技术。近年来, 国内外学者针对分离工艺、前处理技术和检测手段持续改进, 推动了技术进步。本文系统梳理了煤中 VOCs 的分离与定量分析方法, 评估了它们的适用性与局限性, 并提出提升检测灵敏度与准确性的策略。研究旨在为污染水体风险评估、环境监测和污染治理提供技术支持, 助力煤炭行业实现绿色低碳转型。

## 1 相关背景与意义

### 1.1 水环境中煤源挥发性有机物的环境影响

水环境中所含的煤源挥发性有机化合物, 也就是 VOCs, 会对生态系统和人类健康造成重大威胁, 影响范围特别广泛。煤炭开采、加工和燃烧过程会排放出挥发

性有机化合物, 这类化合物会融化或漂浮进水体, 显示出强烈的挥发能力、容易被分解的性质以及生物累积的特点, 还能随着水文循环传播到很远的地方, 覆盖多个区域。水体中存在的挥发性有机化合物会损害水生生物的生存环境, 让鱼类和其他生物难以存活, 通过生物富集作用进入食物链, 最终对人类健康造成严重伤害。煤源挥发性有机化合物包括多种烃类和含氧有机化合物, 当浓度达到一定程度时会产生毒性, 破坏水质, 干扰生物多样性, 扰乱生态平衡, 导致自然环境失去和谐。全球各地出现的水体污染事件已经多次证实挥发性有机化合物对环境造成深远损害, 水环境中含有这类物质, 迫使控制和降低挥发性有机化合物排放成为一项紧急任务, 必须尽快采取有效措施, 保护自然资源和人类安全。有效管理各种水体中的污染物可以明显提高水质标准, 保护自然生态平衡和人们的身体健康, 推动社会经济的可持续发展目标, 具有十分重要的现实价值。

### 1.2 国内外管控与标准现状

在全世界范围内, 煤燃烧产生的挥发性有机物排放问题, 成为众多国家环境监测和管理工作的核心关注点。一些经济发达的国家已经设立了非常严格的规则和法律条文, 用来约束煤燃烧和使用所产生的挥发性有机物排放数量。美国有一部叫做《清洁空气法》的法律, 欧洲也有一部叫做《水框架指令》的法规, 这些法律都对水体和空气里面污染物的含量做出了强制性的规定, 务必让环境质量符合合格的要求。工业化发展速度越来越

快,相关管理部门公布了很多详细的规范文件,例如《地表水环境质量标准》和《生活饮用水卫生标准》,目标就是严格管理水质的监测和污染治理工作。针对水体污染情况复杂且变化多端的问题,现在的技术和规范在解决煤燃烧产生的挥发性有机物潜在危害方面,还会遇到不少困难和阻碍。努力促进技术水平的提高和规范文件的完善,已经成为各个国家急需解决的重要目标。各个国家都在积极寻找更加有效的解决办法,增加科学研究方面的投入,提升污染治理的能力,保障环境的安全,保护人们的身体健康。

### 1.3 关键科学与技术问题

开展水质分析工作的时候,提取和测定煤源挥发性有机化合物会面临不少核心的科学和技术困难。挥发性有机化合物的物理和化学性质非常复杂,水中的表现很难提前弄清楚,提取和检测的过程就变得特别麻烦。现在使用的提取技术很容易受到周围环境条件变化的干扰,效率常常会下降,因此如何提高提取效率成了一个特别重要的目标问题。测定分析的方法需要在敏感程度和精确程度之间找到一个合适的平衡点,这样才能符合不同浓度范围的检测要求。研究工作一定要重视改进提取流程,同时还要提升检测的技术水平,为保护环境提供值得信赖的技术支持和非常有力的保障措施,确保生态系统的安全稳定。

## 2 挥发性有机物的理化特性与迁移行为

### 2.1 挥发性有机物的种类与理化性质

挥发性有机物(VOCs)是一类具有高蒸气压和低水溶性的有机化合物,广泛存在于煤及其衍生物中,种类繁多复杂多样。根据化学组成,可分为烷烃类、芳香烃类、含氧有机物、卤代烃及含硫化合物等。其中,烷烃类和芳香烃类是最常见的组分,具有较高的挥发性和稳定性,而含氧及含硫化合物因化学活性较强,对水体环境的影响更为显著。

VOCs的理化性质主要包括相对分子质量、沸点、溶解度、密度等参数。这些性质直接影响其在水体中的扩散、溶解、挥发及光解等迁移转化行为。沸点较低和分子量较小的挥发性有机化合物往往会挥发成气体,而分子量较高或者带有极性基团的挥发性有机化合物通常会残留在水中或者溶解进水中。这些化合物的物理和化学性质跟水体的温度、酸碱度以及溶解氧等环境条件有

着非常紧密的关系,不同类型的挥发性有机化合物对分离技术和检测方法的选择有着具体的要求。深入研究这些物理和化学性质,对评估挥发性有机化合物在水环境中的表现状态以及开展污染治理工作具有十分重要的意义。

### 2.2 水体中迁移转化机制

挥发性有机物VOCs在水体会经历复杂的转移和转变过程,这种情况跟物质本身的物理和化学性质以及水体周围的环境条件有直接关系,挥发性有机物进入水体后,会以蒸发、扩散、溶解等方式改变位置,水中和空气中的分布比例受到分子结构、溶解能力、蒸汽压力等多种因素的限制,挥发性有机物在水体中的转变过程包含生物降解、水解、光化学反应等多种形式,这些转变形式会受到水体温度、酸碱度、微生物活动水平以及光照条件等多种环境因素的制约,转移和转变的过程让挥发性有机物的检测和分离工作变得非常困难,认真研究这些变化的规律对于改善水质监测技术具有重要价值,深入分析这些机制还能帮助处理实际环境问题,尤其是在环境保护和水资源管理领域中起到关键作用。

### 2.3 对检测及分离过程的影响

易挥发性有机物的理化特性对检测及分离过程有重要干扰。某些易挥发性有机物在水体中容易产生吸附或者化学反应,转变其浓度及分布,干扰检测灵敏度。物质的亲水性和热稳定性干扰分离过程的效率,较强的易挥发性增加检测难度。高效辨别和管理这些因素是为提高分离和检测精度的关键,研究这些干扰有利于改进分析方法与技术。

## 3 分离工艺的优化与应用

### 3.1 主流分离技术综述

在水质分析这个领域中,分离煤里面的挥发性有机物所使用的技术,是提升检测准确性和灵敏度的关键因素,现在主要的分离技术有吹扫捕集法、固相微萃取法和气相分子蒸馏法等多种方式,吹扫捕集法会把水样里面的挥发性有机物吹出来并收集好,用来分析那些成分很复杂的样品,提取效率很高,结果也很可靠。固相微萃取法是用一种带有特殊涂层的纤维材料,把挥发性有机物分离开来,适合用来收集和分析各种挥发性成分,操作起来比较简单。气相分子蒸馏法是靠分子在气态环境下的挥发性差异来进行分离操作,用来处理浓度很高

的样品,效果挺好,应用的范围也很广。各种技术都有自己的长处,但在使用效率、操作是否方便以及对低浓度样品的适应能力方面有些差异,需要结合环境样品的具体特性来改进和挑选合适的方式,尽力提升分离的效果,实现更加准确的分析任务,满足不同场景下的检测需求。

### 3.2 影响分离效率的因素

煤里挥发性有机物提取效果受到很多因素的作用,这些因素相当繁琐而且种类特别多。挥发性有机物的物质特点和成分特点是最核心的部分,直接决定提取工作的好坏。挥发性有机物的沸点高低不同,溶解能力强弱不一,还有极性大小的差异,这些特点会影响提取过程的结果。附近的环境状态对提取效果也有很大的干扰,例如水体的温度是高还是低,酸碱度的具体数据是多少,水里含有哪些盐类物质和杂质成分,这些都会改变挥发性有机物的分布比例大小。提取设备的运行能力以及详细的操作数据,比如流速是快还是慢,压力是大还是小,温度控制是否准确,这些都会对提取效果产生显著的作用。技术人员必须根据水质的实际情况来改进提取技术的操作步骤,目的是增强提取效果,同时尽量压低运作的费用开支,减少对环境的再次损害和危害,确保整个提取过程既节省开支又能达到环境保护的相关标准要求,做到经济实用和绿色环保的双重目标。

### 3.3 分离工艺的技术改进方向

分离工艺的技术优化方向在于提高挥发性有机物提取效率和检测质量,采用先进的分离方法,例如固相微萃取,高效液相色谱等技术,可以让提取过程变得更顺利,效果更好,不断改进分离材料的选择性和吸附能力,争取准确捕获目标化合物,减少外界干扰因素的影响,确保得到的结果值得信赖,引入自动化和智能化设备,提升操作的规范程度和重复一致性,保证每次操作结果都相同,结合多种技术手段,搭建完善的分析系统,即便面对复杂的水体环境,也能完成精准的挥发性有机物分离,为科学研究和实际应用提供可靠的定量分析基础,确保数据真实可信,这种技术组合能够解决多种难题,尤其在环境样品分析中表现特别出色,

## 4 定量测定手段与精度提升

### 4.1 常用定量方法类别及适用性

易挥发有机物的测定和检测在水质分析中是一个

特别重要的环节,使用的技术方式种类确实不少,适用的范围会随着具体的检测目标和要求呈现出一定的差异,如今普遍采用的检测技术主要涵盖了气相色谱法(GC)、气相色谱质谱联用法(GCMS)、高效液相色谱法(HPLC)和分光光度法等多种实用手段。气相色谱法凭借着卓越的成分分离能力、快捷的分析速度以及广阔的应用场景,得到了众多研究人员和技术人员的认可和推崇,非常适合用来分析成分复杂多样的易挥发有机物样品。气相色谱质谱联用法可以实现成分辨别和含量测定的双重功能,针对微量级别的易挥发有机物展现出较高的检测灵敏度和精准的专一性,高效液相色谱法在检测不易挥发且极化性质较强的化学成分时表现得相当出色,分析成效令人满意。分光光度法需要的费用较低,使用过程也十分简便,特别适合在环境监测领域完成日常的常规分析任务。各种方法在敏感程度、办事效率和操作的难易程度上有很大的不同,一定要结合样品的具体情况和分析的具体目标来合理挑选,这样才能确保检测出来的结果既准确又值得信赖,为后续工作打好坚实的基础。

### 4.2 检测灵敏度与准确性提升策略

提升检测的灵敏度和准确性,在分析挥发性有机物含量时显得特别重要。采用高灵敏度的检测方法,可以完善仪器设备的功能,选用先进的质谱仪器,达到较低的检测下限,探测出极微量的物质成分,完善样品的前期处理步骤,降低其他杂质的影响,提高样品的纯净程度,保证检测数据的可信性,选用标准的参考材料,完成校准和验证操作,确保检测结果的正确性和可靠性,加强数据分析的技术能力,引入人工智能和机器学习技术进行数据处理,降低人为操作可能引发的错误,采取结合不同分析技术的方式,将气相色谱和质谱技术联合运用,精确测定复杂混合物中的成分含量,利用这些具体策略,可以大幅提升挥发性有机物在水质分析中的定量测定效果,有力支持环境监测和污染治理工作的开展,切实保证水资源的安全和清洁,维护生态环境的稳定和可持续发展。

### 4.3 定量方法局限性与未来前景

定量分析方法对水质监测工作显得至关重要,但当前的技术水平存在不少不完备的地方,比如检测复杂水样里面微量挥发性有机物的时候,敏感度表现不够好,而且当多种成分混杂一起的时候,定量结果的准确性容易受到干扰。当前的方法在仪器性能和数据处理能力方

面需要进一步提升,只有做到这些改进,才能让检测的精确度和分析能力得到提高。未来发展的方向可以集中于研发高分辨率的仪器设备、制定标准化的参考物质以及改进优化算法,通过以上努力为复杂污染物的精确监测提供可靠的技术保障,进而帮助水环境安全和污染治理领域不断取得进步。

## 5 应用展望与环境管理建议

### 5.1 水环境风险评估中的应用前景

水环境里面来自煤炭的挥发性有机化合物会对生态系统造成隐藏的危害,这让水质监测和环境保护领域面临一个很大的难题。在评估水环境风险的时候,可以依靠科学合理的分离和定量分析技术,去深入研究这些挥发性有机化合物的存在情况、浓度高低还有分布的规律。用这种高效又精确的检测方法,能够帮助分析污染物的来源,识别污染的源头,并且模拟出污染在空间上的分布状况,这样就能提供很重要的参考数据,从而提高风险评估的科学水平和准确程度。分离和定量分析技术还能优化污染评估中界限值的设定,帮助制定针对特定污染类型的防治管理措施,强化污染治理工作的具体方向和目的性,确保治理效果更加明显。该研究成果为建立煤污染水体的动态监测和风险预警系统供给了理论支撑,在精细化管控水环境质量方面拥有重要价值。上述技术体系在普遍普及使用后,利于达成对多样性水环境区域中污染风险的彻底测评,为强化生态保护措施给予了坚实基础。

### 5.2 污染防控与绿色矿业发展策略

旨在遏制煤中易挥发化合物针对水环境的侵害,必须设立严谨的释放标准和监督系统。借助科技革新达成易挥发化合物的高效拆分与量化研究,可以提升防治效能。推进绿色矿业为降低易挥发化合物释放的关键方案,应当使用无害制造技术,改进技术步骤,从而减少污染物产生量。在矿业推进的阶段内,促进环保科技的运用,强化再循环使用和资源回收,以完成持久发展宗旨。强化政策监管与科技支持,推动公司环保义务的执行,提高管理与维护程度,以筑牢绿色矿业发展的根基。

### 5.3 技术体系完善与政策建议

旨在改进水质分析中煤的挥发性有机物分离与定

量研究的技术体系,强化技术标准制定及方法学统一为关键。需推动环境管理法律法规的修改和改进,提高对水污染行为的监督力度,助力清洁生产技术的开发运用。激励科研机构与产业界的合作,加速技术创新,达成挥发性有机物监测技术的普遍化与规范化,借此提高检测的精度和效率,为水环境保护及可持续发展给予保障。

## 6 结束语

针对煤中挥发性有机物的分离和定量测定问题,展开了非常深入细致的探究工作。通过认真总结和对比现在国内外常用的分离提取技术,结合国内现行的水质检测标准,仔细研究了各种分离工艺和分析手段在实际使用中的提取效果以及受到的影响因素,清楚说明了每种方法适合使用的具体场景和存在的不足之处。研究结果证明,合理改进分离技术和定量分析方式,能够大幅提高煤中挥发性有机物在水体环境中的测定敏感度和精确程度,还为污染防治和环境监督管理提供了重要技术上的帮助。尽管对现有的分离和定量技术进行了比较全面的分析探讨,还是遇到了某些复杂水环境下的测定干扰问题,以及痕量有机物准确测定的技术挑战,部分新出现的污染物监测方法的广泛适用性还需要进一步深入研究和验证,确保其可靠性。伴随煤炭行业环保转变与水质管理政策的逐渐严苛,对于痕量、多组分挥发性有机物的大容量、智能化检测建议了更强需求。将来研究能深层研发纳米材料附着、电化学大容量解析等新颖隔离测定技术,并且强化标准方法的适用性研究,用不断改进水质分析技术体系,提高对煤污染治理与生态环境保护的理性支持能力。

## 参考文献

- [1] 吴冬梅,刘国栋. 土壤中挥发性有机物的分析方法研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(18): 101-102.
- [2] 李龙. 探析挥发性有机物治理分析[J]. 区域治理, 2021, (11): 0192-0193.
- [3] 邱桂香. 水体中挥发性有机物的分析方法研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(16): 122-123.
- [4] 李元星. 气质联用仪在挥发性有机物定性定量分析中的应用[J]. 化工管理, 2021, (30): 79-80.
- [5] 代玉洁. 水质半挥发性有机物的测定[J]. 中文科技期刊数据库(全文版) 自然科学, 2020, (11).