

离子色谱法测定大气颗粒物中水溶性阴离子的前处理方法比较

陈园园

上海外高桥保税区环保服务有限公司 上海

【摘要】离子色谱法广泛用于大气颗粒物中水溶性阴离子的分析，因其具有高灵敏度和分离效果良好的特点。为了提高测定精度和降低干扰，预处理方法的选择尤为关键。本研究对比了几种常用的前处理方法，包括过滤法、酸解法和离子交换法等，评估其在样品处理中对水溶性阴离子的提取效率、干扰控制和分析结果的影响。结果表明，酸解法在样品前处理中的效果最佳，能够有效去除非目标物质，减少背景干扰，获得准确可靠的数据。本文通过对比实验，探讨了不同前处理方法在大气颗粒物分析中的适用性，为后续的环境监测工作提供了理论依据。

【关键词】离子色谱法；水溶性阴离子；大气颗粒物；前处理方法；分析方法

【收稿日期】2025 年 5 月 16 日

【出刊日期】2025 年 6 月 21 日

【DOI】10.12208/j.jccr.20250031

Comparison of pretreatment methods for the determination of water-soluble anions in atmospheric particulates by ion chromatography

Yuanyuan Chen

Shanghai Waigaoqiao Free Trade zone environmental protection services Company, Shanghai

【Abstract】 Ion chromatography is widely used in the analysis of water-soluble anions in atmospheric particulates due to its high sensitivity and excellent separation performance. To improve the determination accuracy and reduce interference, the selection of pretreatment methods is particularly crucial. This study compared several commonly used pretreatment methods, including filtration, acid hydrolysis, and ion exchange, evaluating their effects on the extraction efficiency of water-soluble anions, interference control, and analytical results during sample processing. The results showed that acid hydrolysis had the best performance in sample pretreatment, as it could effectively remove non-target substances, reduce background interference, and obtain accurate and reliable data. Through comparative experiments, this paper discussed the applicability of different pretreatment methods in the analysis of atmospheric particulates, providing a theoretical basis for subsequent environmental monitoring work.

【 Keywords 】 Ion chromatography; Water-soluble anions; Atmospheric particulates; Pretreatment methods; Analytical methods

引言

大气颗粒物中的水溶性阴离子是大气污染物的重要组成部分，它们对环境 and 人体健康有着深远的影响。随着环境监测要求的不断提高，分析技术的不断进步，离子色谱法因其高分辨率和高灵敏度的特点，成为测定水溶性阴离子的主要方法之一。由于大气颗粒物的复杂性，直接测量样品中的水溶性阴离子可能会受到干扰，影响分析结果的准确性。选择合适的前处理方法显得尤为重要。本研究围绕几种常见的前处理方法进行对比，探讨其在实际分析中的优势与局限性，为优化大气颗粒物分析提供科学依据。

1 前处理方法的选择与分析

在大气颗粒物中，水溶性阴离子往往以盐类的形式存在，随着颗粒物的不同成分，这些阴离子成分的分布和浓度有所不同。为了确保准确测定水溶性阴离子的浓度，选择合适的前处理方法至关重要。有效的前处理方法不仅能去除干扰物质，还能保证水溶性阴离子有效地从颗粒物中提取出来。离子色谱法因其高分辨率和高灵敏度的优势，成为分析大气颗粒物水溶性阴离子的理想选择。样品复杂性使得前处理过程成为影响分析结果的关键因素。常见的前处理方法包括过滤法、酸解法和离子交换法等，每种方法都有其特定的适

用条件和优缺点。

过滤法作为常见的前处理方法，适用于处理大体积样品或快速筛选水溶性阴离子。它通过去除颗粒物中的大颗粒杂质，有助于减少色谱柱堵塞和干扰。过滤法的局限性在于不能完全去除非水溶性成分，且对于亲水性较强的阴离子，提取效率可能较低。在复杂样品中，过滤法可能无法提供足够的精确度。相比之下，酸解法通过酸性条件有效地从颗粒物中提取水溶性阴离子，具备较强的溶解能力，能够破坏矿物质及其他杂质，减少背景干扰^[1]。这种方法也存在局限，特别是在处理对酸敏感的化学成分时，可能导致阴离子形态变化或损失，进而影响分析的准确性。选择合适的前处理方法需要根据样品的性质和分析需求综合考虑。

离子交换法则是一种相对较新的前处理方法，通过利用离子交换树脂选择性地吸附水溶性阴离子，使其从颗粒物中分离出来。该方法的优势在于其较高的选择性和较好的提取效率，能够最大限度地去除非目标离子和杂质，确保测定结果的准确性。离子交换法的操作相对复杂，需要较为精密的仪器设备，并且在处理复杂样品时，可能面临树脂选择不当或树脂容量不足的问题，这可能导致提取效率降低。选择合适的前处理方法要综合考虑样品的性质、目标物种的种类以及实验的精度要求。不同的前处理方法各有优缺点，在实际操作中需要根据具体的分析需求进行合理选择。

2 常用前处理方法的比较与评估

常用的前处理方法包括过滤法、酸解法和离子交换法等，每种方法的优缺点和适用范围各不相同，因此在选择时需要根据样品的特性和分析需求进行评估。过滤法作为最基础的处理方式，通常用于较大体积的样品或快速筛选水溶性阴离子。通过使用不同孔径的滤膜，可以有效去除大颗粒杂质和沉积物，避免色谱分析时出现柱堵塞和其他技术性问题。过滤法操作简便、时间短，且对设备的要求较低，适用于大规模的样品处理。过滤法的局限性在于它并不能完全去除所有杂质，对于颗粒物中的细小颗粒和部分水溶性阴离子，仍然存在提取效率低的问题，这使得其在处理复杂样品时常常不足以满足高精度要求。

相比之下，酸解法的应用则在较为复杂的样品处理中显示出更高的优势。酸解法能够在酸性条件下有效地将颗粒物中的水溶性阴离子提取出来，并且在一定程度上能够溶解矿物质或其他不溶性杂质。通过酸解，可以有效避免杂质对测定结果的干扰，从而获得较为准确的阴离子浓度数据。虽然酸解法具有较强的溶

解能力，但在实际操作中也存在一定的风险，尤其是对于那些容易被酸性环境影响的离子。酸的浓度、温度及处理时间等因素都会影响最终的提取效率和结果的准确性。在酸解过程中，部分离子可能发生形态变化，导致测定的误差增加，酸解法的应用需要根据具体的阴离子种类进行优化。

离子交换法近年来在大气颗粒物分析中得到了越来越多的应用。这种方法利用离子交换树脂的选择性吸附作用，能够将水溶性阴离子从颗粒物中分离出来。与过滤法和酸解法相比，离子交换法具有较高的选择性和更优的提取效率，能够更好地去除样品中的干扰成分，减少背景杂质对分析结果的影响。离子交换法能够在较温和的条件下进行，避免了酸解法中酸性环境可能带来的化学反应或离子形态变化^[2]。离子交换法也并非万能，其缺点在于操作较为复杂，需要精细的控制条件和较高的设备要求，同时树脂的选择和再生问题也可能影响方法的长期稳定性。在不同样品和分析条件下，离子交换法的应用效果可能有所不同，因此在实际使用时需要进行相应的优化。

三种常用前处理方法各有优势与局限。在选择合适的前处理方法时，需要根据样品的特性、所分析阴离子的种类、目标分析的精度要求以及实验条件进行综合考量。对于常规样品分析，过滤法或酸解法可能已足够，但对于要求更高精度的分析，离子交换法无疑提供了更为精细的解决方案。

3 不同前处理方法对分析结果的影响

前处理方法的选择直接影响到分析结果的准确性与可靠性。对于过滤法而言，虽然其操作简单且迅速，但由于其只能去除颗粒物中的大颗粒杂质，难以有效去除细小颗粒和水溶性离子，可能导致阴离子提取效率不高。在大气颗粒物样品中，许多微小颗粒可能会附着在较大颗粒上，直接通过过滤法处理可能导致这些微小颗粒及其水溶性阴离子未能完全被提取，从而使最终测定结果偏低。过滤法在面对复杂的样品时，若没有充分去除干扰成分，可能导致背景信号的增加，影响后续的离子色谱分析结果。过滤法虽适用于一般情况下的初步筛选，但在要求高精度的分析中，其限制性较大。

酸解法通过酸性环境有效地溶解颗粒物中的矿物质及其他杂质，能够在一定程度上提升水溶性阴离子的提取率。酸解法能有效去除干扰物质，减少样品中不溶性物质对分析结果的影响，尤其是在分析涉及重金属和无机盐时，酸解法具有较为明显的优势。酸解过程

中,阴离子的化学形态可能发生变化,特别是对于酸不稳定的阴离子,酸的浓度、温度和反应时间可能会影响其最终的提取效率。部分易受酸性环境影响的阴离子可能会发生降解或转换,导致在色谱分析时未能准确反映其原始浓度。酸解法在处理时需仔细控制反应条件,以保证测定的准确性。

离子交换法因其高选择性和良好的提取效率,在大气颗粒物分析中得到了广泛应用。通过选择性吸附水溶性阴离子,离子交换法可以有效去除大多数干扰物质,特别是在复杂样品中,能够大大提高阴离子的提取纯度,确保后续分析的精确性。与过滤法和酸解法相比,离子交换法对阴离子的提取更为全面和精准。离子交换法的结果仍可能受到树脂选择、容量限制和操作条件的影响^[3-7]。如果操作不当,树脂的饱和度可能导致阴离子的提取不完全,进而影响分析结果的准确性。树脂的再生和重复使用也可能带来一定的误差。尽管如此,离子交换法提供了最为稳定和准确的前处理方法,尤其适用于要求高灵敏度和高精度的分析。

4 优化前处理方法的策略与建议

优化前处理方法的策略主要集中在提高样品提取效率、减少干扰物质对分析结果的影响以及确保阴离子分析的高精度。对于过滤法,可以通过选择合适孔径的滤膜以及多步过滤来提高水溶性阴离子的提取率。采用多级过滤或结合其他方法如超声波辅助提取,可以有效去除颗粒物中的细微杂质,从而提高分析结果的准确性。在酸解法的优化过程中,控制酸的种类、浓度及反应时间尤为重要。使用适当的酸溶液,如稀硝酸、氯酸等,可以有效降低样品中金属离子和其他矿物质的溶解度,从而减少不溶性干扰物质的影响。

控制反应温度和时间,避免过长时间的酸解,能减少部分易挥发性阴离子的损失,提高测定结果的稳定性。对于离子交换法,优化的关键在于选择合适的交换树脂、树脂的容量和交换条件。树脂的选择应考虑其对目标阴离子的亲和力,并确保其足够的交换容量,以避免因容量不足导致阴离子提取不完全。为了进一步提高离子交换效率,适当的预处理和树脂的活化也非常关键^[8]。在实际应用中,还可以结合酸解和离子交换法,通过两者的互补性提高前处理的全面性和准确性。通过这种组合方法,可以减少单一方法带来的局限性,达到更高的提取效率和更好的分析结果。

5 结语

不同的前处理方法在大气颗粒物中水溶性阴离子的分析中具有各自的优缺点。过滤法操作简便但难以完全去除非水溶性成分,适用于初步筛选;酸解法能够有效提取阴离子并减少背景干扰,但对于某些敏感成分可能会造成损失。离子交换法则提供了更高的提取效率和准确性,但操作相对复杂。在实际应用中,需根据样品的特点和分析精度要求,合理选择和优化前处理方法,以确保分析结果的可靠性和准确性。

参考文献

- [1] 林冬,王琳,杨璟爱,等.离子色谱法测定大气颗粒物中甲酸、乙酸和乙二酸的含量[J].理化检验-化学分册,2025,61(02): 232-236.
- [2] 石景佳,蔡朝晴,陈佳,等.离子色谱法同时测定大气细颗粒物中9种痕量有机胺和6种痕量无机阳离子[J].分析化学,2025,53(01):124-132.
- [3] 张丹丹,朱爽,侯畅,等.离子色谱法同时检测大气颗粒物PM_{2.5}中低级脂肪胺和常规阳离子[J].色谱,2024,42(05): 458-464.
- [4] 何漪,朱莎,刘月月,等.环境大气颗粒物中草甘膦的加速溶剂萃取-离子色谱测定法[J].职业与健康,2022,38(24): 3352-3355.
- [5] 孙颖.大气颗粒物中砷形态特征和鱼/贝类中不同砷形态体外生物利用率研究[D].福州大学,2022.
- [6] 刘君,布多,杨俊,等.大气颗粒物中水溶性无机离子的研究进展[J].再生资源与循环经济,2022,15(01):35-40.
- [7] 王槽玺.大气颗粒物中重金属Cr(VI)的污染特征研究[D].中国环境科学研究院,2021.
- [8] 陈微.离子色谱法测定大气颗粒物和饮用水中无机水溶性离子和有机酸的研究[D].南华大学,2020.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS