

大气颗粒物中水溶性离子的在线捕集与提取装置

孙泽宇^{1,2,3}, 张欣捷^{1,2,3}, 宗政^{1,2}, 殷雪华^{1,2,3}, 田崇国^{1,2,†}

(1.中国科学院烟台海岸带研究所中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室, 山东烟台 264003; 2.山东省海岸带环境过程重点实验室, 山东烟台 264003; 3.中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 大气颗粒物对空气质量、人体健康和气候变化有重要影响。水溶性离子是其重要组成部分, 监测其浓度变化对于大气污染治理至关重要。但在一些采样环境艰苦的背景区域, 需要稳定环境、充足电力和水源保障的在线离子分析仪很难满足监测需求。为了在小体积、低能耗条件下实现大气颗粒物中水溶性离子的高时频在线捕集和前处理, 自主研发了一种基于膜累积采样法的系统和装置。该装置实现了样品采集和前处理的自动化、连续化, 操作简单, 制备高效, 并对环境条件要求低。通过该装置, 可以获得水溶性离子组分浓度的高时频变化规律, 对于认识污染进程中排放源贡献和形成机制具有重要作用。

关键词: 大气颗粒物; 水溶性离子; 膜累积采样法; 在线; 高时频

中图分类号: X851

文献标识码: A

Online Trapping and Extraction Device and Method for Water-Soluble Ions in Atmospheric Particulate Matter

Sun Zeyu^{1,2,3}, Zhang Xinjie^{1,2,3}, Zong Zheng^{1,2}, Tian Chongguo^{1,2,†}

(1. CAS Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 2. Shandong Key Laboratory of Coastal Environmental Processes, Yantai 264003, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Atmospheric particulate matter has a significant impact on air quality, human health, and climate change. Water-soluble ions are an important component of particulate matter, and monitoring their concentration changes is crucial for air pollution control. However, in some challenging sampling environments, it is difficult to meet the monitoring requirements with stable

1基金项目: 国家自然科学基金项目 (42177089, 41977190)

作者简介: 孙泽宇 (1997~), 女, 博士研究生, 主要研究方向为大气颗粒物及来源解析, E-mail: zysun@yic.ac.cn

†通信作者, E-mail: cgtian@yic.ac.cn

environmental conditions, sufficient power supply, and water source guarantee for online ion analyzers. In order to achieve high-frequency online trapping and pre-treatment of water-soluble ions in atmospheric particulate matter under small volume and low energy consumption conditions, a device and method based on membrane accumulation sampling have been independently developed. The system enables automated and continuous sample collection and pre-treatment, is easy to operate, efficient, and has low environmental requirements. Through this system, the high-frequency variations in the concentration of water-soluble ion components can be obtained, which plays an important role in understanding the contribution and formation mechanisms of emission sources in the pollution process.

Keywords: Atmospheric particulate matter; Water-soluble ions; Membrane accumulation sampling method; Online; High temporal resolution

1 设计背景和应用价值

大气颗粒物（如 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 等）对空气质量、人体健康、大气能见度以及全球气候变化等均有不利影响^[1-3]。近年来，随着经济社会的快速发展，人类活动排放到环境中的颗粒物导致大气环境不断恶化，大气污染成为我国面临的重要环境问题之一。水溶性离子是大气颗粒物中重要的组成部分，监测大气颗粒物中水溶性离子组分的浓度变化对于大气污染治理具有重要意义^[4]。

目前，大气颗粒物中水溶性离子组分的监测方法主要有离线和在线两种。鉴于大气颗粒物的污染进程一般在 1~3 天左右，期间颗粒物浓度经历一个升高、维持和下降的过程，颗粒物的组成也随之发生变化^[5]，因此水溶性离子组分浓度的高时频变化特征对于认识污染进程中排放源贡献和形成机制具有重要作用^[6]。由于利用离线方法获得一个污染进程中水溶性离子组分浓度的高时频变化规律需要大量的人力进行样品采集和前处理工作，在线方法成为监测水溶性离子组分浓度高时频变化的主流方法。

获得背景区域大气水溶性离子变化特征是深入认识区域尺度大气污染演变规律以及低层大气—地表物质交换重要基础数据的前提^[7]。然而，很多背景区域远离城市，采样环境艰苦，条件保障能力有限，例如陆地和海上无充足电力和淡水供应的偏远背景区域、船舶走航监测等，一些需要在环境状态稳定、有充足的电力和水源支持的固定空间内工作的在线大