

城市不同区域空气冷凝水的化学组成

占永革¹, 黄湘燕², 汪晓军³

(1. 广州大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510006; 2. 中山市供水有限公司水质检测中心, 广东 中山 528403; 3. 华南理工大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘要:采集了 5 个不同区域的空气冷凝水样品, 检测了其化学成分。结果显示, 空气冷凝水的化学成分在不同区域存在着明显差异, 5 个区域各类化学物质总量的关系是, 阴阳离子: 城区 > 工业 > 道路 > 城郊 > 景区; 微量元素: 工业 > 城区 > 道路 > 景区 > 城郊; 总有机碳 (TOC): 城区 > 景区 > 道路 > 工业 > 城郊; 总无机碳 (TC): 景区 > 城区 > 道路 > 工业 > 城郊; 物质总量: 城区 > 工业 > 道路 > 景区 > 城郊; 其质量浓度分布与区域内的空气污染状况密切相关, 大部分物质的质量浓度日间低于夜间。

关键词:空气冷凝水; 化学组成; 空气污染; 中山市

中图分类号: X831 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)04-0028-04

The Chemical Components in Air Condensate Water at Different Urban Regions

ZHAN Yong-ge¹, HUANG Xiang-yan², WANG Xiao-jun³

(1 *Academic of Environmental Science and Engineering, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006, China;* 2 *The Detection Center for Water Quality of Zhongshan City Water Supplied Co, Zhongshan, Guangdong 528403, China;* 3 *School of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510006, China*)

Abstract: The air condensate water samples were collected in 5 urban regions. The results showed that there were significant differences in chemical components of the air condensate water in different regions; their concentration sequence between the five areas were, the sum of anions and cations: downtown area > industrial district > road > suburb > scenic area; the sum of microelements: industrial district > downtown area > road > scenic area > suburb; TOC: downtown area > scenic area > road > industrial district > suburb; TC: scenic area > downtown area > road > industrial district > suburb; the sum of chemical substances: downtown area > industrial district > road > scenic area > suburb; there was the affinity between the concentration of analytes and the condition of air pollution in atmosphere regions, and the concentration of majority analytes were lower in daytime than at night

Key words: Air condensate water; Chemical components; Air pollution; Zhongshan

近年对于雾水的研究已有不少报道^[1-5]。研究表明, 雾水的化学成分与当地环境空气质量密切相关, 且是近地面空气物质综合作用的结果, 能够较好地反映局地空气污染状况^[3,6]。观测雾水化学组成, 有助于了解局地空气污染状况。但雾的形成需要特定气象条件, 通过雾水了解日常空气污染状况, 存在着不及时, 能够采样的时间短, 采样量不能满足检测用量要求等问题。

而雾由水汽生, 空气中水汽的形成不需要特定

条件, 如果空气冷凝水中的化学物质也与当地环境空气质量密切相关, 那么通过观测空气冷凝水了解日常空气污染状况, 就不存在不及时和采样量小的问题, 且观测工作简单易行。

收稿日期: 2009-02-10; 修订日期: 2009-03-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40502030); 广东省科技厅基金资助项目 (2007B070900112)

作者简介: 占永革 (1957—), 男, 广西钟山人, 高级工程师, 硕士, 从事环境监测研究。

顾宏堪等^[7-8]对痕量离子水-汽界面转移机制的研究表明,海水蒸发过程中,液态水合离子可被一同蒸发转移到大气中变成汽态水合离子,离子的水合体不仅在水相中存在,在气相中也同样存在。简新立等^[9]在酸雨的研究中,曾采用冰冷法收集空气冷凝水,检出了常见的无机阴离子,并尝试酸雨成因的探索。这些研究表明,空气冷凝水的化学物质,来源于直接冷凝的汽态水合离子,和冷凝过程中吸收的物质。因此,探索并揭示空气冷凝水的化学组成及其与空气污染的关系,可能对环境科学研究和环境保护具有重要意义。

为了探索空气冷凝水化学组成与空气污染状况的关系,用除湿机作为空气冷凝水的采样器,观测比较城市不同区域空气冷凝水的化学组成及其昼夜的变化。

1 材料与方法

1.1 采样及样品处理

2002 年 1 月 11 日—2002 年 2 月 23 日,在中山市的中心城区(观测点:浦渔洋水厂和华柏公园)、交通干道(中山港大桥收费站和孙文东路五星段)、工业(凯达精细化工和环美包装厂)、城郊(大丰水厂和中嘉污水处理厂)、自然风景(五桂山顶无线电发射台和长江水库)5 个不同区域的观测点采集空气冷凝水样品,每个观测点于不同日期采集 2~6 个样品,每个样品采集 24 h。采样期间的天气状况以晴到多云为主,偶遇一两天阴天或短时间断小雨。

在除湿机进风口处连接一段开口朝下的风管,以改变进气口方向消除降尘的影响。在除湿机进出口安装规范的通风管道,用气体流速仪测定除湿机通风量。每次采样前,将除湿机的汇水面依次用自来水和去离子水淋洗 3 次,于洁净环境中自然晾干。除湿机的出水口用一截洁净的聚乙烯导管直接相连,导管出水口直接插入洁净的聚乙烯瓶中。将除湿机置于一定高度的台架上,使除湿机的进气口距离支撑面约 1 m,在除湿机正上方撑开一扇直径 3 m 的阳伞,以遮挡阳光和降雨对采样的影响。连续采样时,弃去前 100 mL 冷凝水后开始收集样品,以消除前次冷凝水样品对其后冷凝水样品的影响。

样品采集完成,摇匀盛样瓶中的样品,准确测定样品质量或体积,取适量样品用 0.22 μm 微孔滤膜过滤,滤液直接滤入 100 mL 聚乙烯样品瓶中,

于 0~8℃ 冷藏柜中保存待测定。

在城区浦渔洋水厂六楼平台设昼夜观测点,于 20:00—次日 8:00 采集夜间样品,8:00—20:00 采集日间样品,每个样品连续采样 12 h,以观测空气冷凝水化学组成的昼夜变化。采样期间的天气状况多云转阴,气温 6~21℃,相对湿度 60%~95%,东北风 2 级。

1.2 分析项目、设备和分析方法

(1) 检测项目:阴阳离子为 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ;微量元素为 Al、Cr、Mn、Ni、As、Se、Cd、Ba、Hg、Pb、Cu、Zn; TOC、TIC。

(2) 使用设备:瑞士万通 761 compact 离子色谱仪,美国安捷伦 7500 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS),日本岛津 TOC-VCSH TOC 分析仪,干湿球温湿度计,空盒气压表。

(3) 检测方法:阴阳离子为离子色谱法;微量元素为电感耦合等离子体质谱法;化合碳为非色散红外线吸收法。

(4) 检测质量控制:委托有计量认证资质的检测实验室和检测人员进行样品检测,采用均值极差控制图控制检测过程中精密度和准确度。

(5) 数据处理:对同一区域不同时间和地点的样品数据按所处的区域平均,给出平均数据图;昼夜样品数据分别给出日间与夜间原始数据图。

2 结果与讨论

城市不同区域空气冷凝水化学组成的比较结果见图 1—图 3。城区浦渔洋水厂观测点日间和夜间的比较结果见图 4 和图 5。

该城市环境空气冷凝水化学组成的总体特征是,阴离子 $SO_4^{2-} > NO_3^- > NO_2^- > Cl^- > F^-$;阳离子 $NH_4^+ > Ca^{2+} > Na^+ > K^+ > Mg^{2+}$;主要微量元素 $Zn > Cu > Al > Ba > Pb$; TOC > TIC; 5 个区域所观测的各类物质总量的关系相同:阴阳离子 > TOC > TIC > 微量元素,阴阳离子均值为 $1.06 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3 \sim 2.87 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$,微量元素均值为 $1.3 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3 \sim 2.1 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$,TOC 均值为 $2.31 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3 \sim 7.35 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$,TIC 均值为 $2.66 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3 \sim 7.69 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$,物质总量均值为 $1.83 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3 \sim 3.83 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$,而在不同区域内,空气冷凝水的化学组成随所处区域的环境状况呈现相关性。

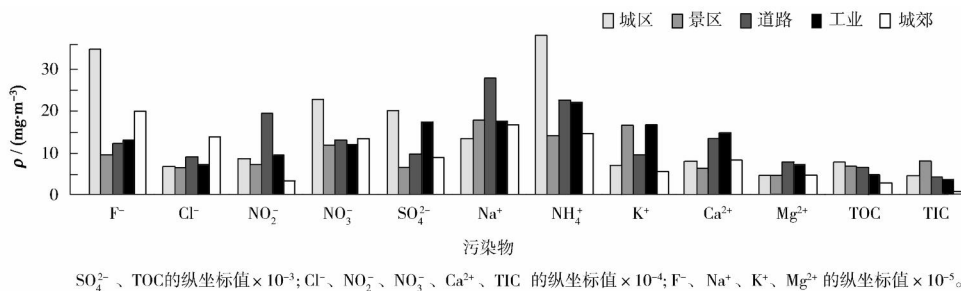


图 1 不同区域空气冷凝水中的离子和化合碳质量浓度

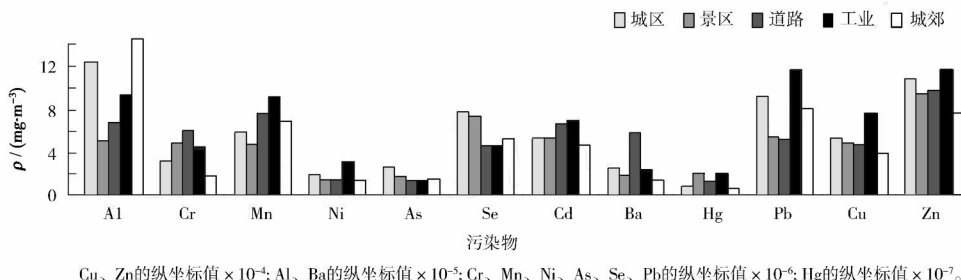


图 2 不同区域空气冷凝水中的微量元素质量浓度

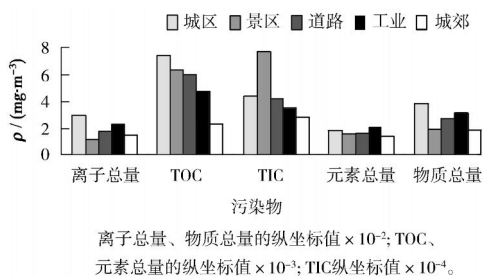


图 3 不同区域空气冷凝水中的物质总量

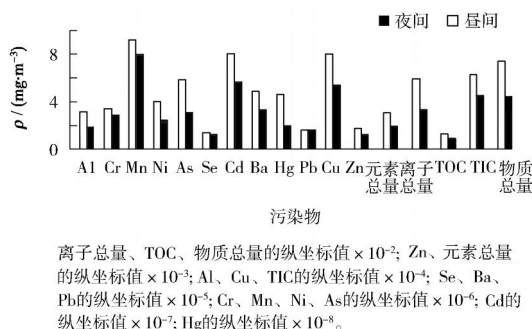


图 5 昼夜空气冷凝水中的微量元素质量浓度

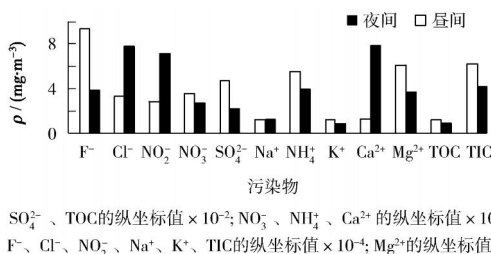


图 4 昼夜空气冷凝水中的离子和化合碳质量浓度

(1)城区:城区高楼林立、人口密集,商业和餐饮业集中,道路网络四通八达,城区空气污染物种类繁多,生活废气和汽车尾气是城区的主要污染源,故空气冷凝水中的相应物质如 SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、TOC、F⁻、As、Se 与其他区域相比,都是城区的含量高,Al、Ni、Ba、Pb、Cu、Zn、TIC 的质量浓度排在前 2 位。在 5 个观测区域所观测的污染物中,排

在前 3 位的污染物,城区占 71%。

(2)景区:采样点设在树草茂盛的山林中和海拔 530 m 植被茂盛的山峰。景区富含的物质是无机化合碳和有机化合碳。已有较多报道^[10-12],在植被丰富的地方,大气中的天然有机物较高,主要源于植物释放的低分子有机酸、萜烯类等有机物。图 1 也表明景区的 TOC 较高,这与文献的报道一致;景区的森林茂盛,植物的呼吸作用导致 CO₂ 质量浓度较高,与其他区域相比,景区空气冷凝水中的 TIC 含量也最高。景区人为污染源较少,空气冷凝水中其他污染物的含量如 SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、Ca²⁺ 等与其他区域相比也相对较低。

(3)道路:采样点设在公路收费站和交通干线旁,由于车流量大,汽车尾气排放的 NO_x、SO₂、有机

碳、无机碳和碳黑含量高,道路扬尘也相对较高^[13-14]。道路区域的空气冷凝水 NO_2^- 和 Ba 含量最高,且是其他区域的 2 倍, Cl^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 TOC 、 TIC 、 Zn 和 Cu 等也在该区域位居第 2 位和第 3 位,因 1998 年广东省全面推行无铅汽油,道路区域空气冷凝水中 Pb 含量相对其他区域较低。

(4)工业:采样点周围有水泥厂、建材加工、精细化工、电子、金属加工、河涌航道,水泥厂和航道主要排放烟尘、 SO_2 和 NO_x ,建材加工业排放灰尘,精细化工、电子和金属加工业排放金属化合物。工业区空气冷凝水中的 Zn 、 Cu 、 Ca^{2+} 、 Pb 、 Cd 、 Ni 、 Mn 均高于其他区域, SO_4^{2-} 和 NO_2^- 、 Hg 、 Mg^{2+} 、 K^+ 居第 2 位, Al 、 Ba 、 NH_4^+ 、 Cr 、 As 、 Ba 、 Cl^- 、 F^- 居第 3 位。

(5)城郊:大丰自来水厂和中嘉污水处理厂分别位于东郊和西郊,两个采样点周围都有菜地、裸露的土地、鱼塘、公路、航道及蕉林,污水处理厂和自来水厂均使用聚合氯化铝或氯气。在所观测的 5 个区域中,该区域空气冷凝水中的 Al 和 Cl^- 质量浓度位居第一;由于聚合铝原料矿中含有一定量的氟化物, F^- 在该区域中位居第 2,由于土地裸露和公路, Mn 、 As 、 Se 、 Pb 、 Ca^{2+} 在该区域中位居第 3;该区域污染源较少,其他物质的质量浓度相对另外 4 个区域较低。

(6)总体情况:将各区域所观测物质按类别分别加和后得到各区域物质总量、阴阳离子总量和金属元素总量。5 个区域中,物质总量的关系是:城区 > 工业 > 道路 > 景区 > 城郊;阴阳离子总量:城区 > 工业 > 道路 > 城郊 > 景区,与该城市的环境空气质量现状相吻合;金属元素:工业 > 城区 > 道路 > 景区 > 城郊,也与各区所拥有的污染源状况相关联; TOC :城区 > 景区 > 道路 > 工业 > 城郊; TIC :景区 > 城区 > 道路 > 工业 > 城郊,均较客观地呼应了各区的自然环境状况和污染现状。

(7)昼夜变化:所观测物质大部分都是白天较低夜间较高,符合夜间低空逆温致污染物质量浓度较白天高的自然规律。其中 Cl^- 、 NO_2^- 和 Ca^{2+} 是白天稍高于夜间,这可能源于观测点在自来水厂,白天产水量大于夜间,氯消毒剂用量白天高于夜间

所致,由于地处城区,白天车流量和道路扬尘大于夜间,造成空气中 NO_x 和 Ca^{2+} 的含量白天高于夜间。

3 结论

(1)空气冷凝水的化学组成与环境空气污染状况密切相关,能较好地反映局地环境空气污染状况,且对空气污染的变化具有较高的敏感度。

(2)关注环境空气冷凝水的化学组成,可以主动及时、方便快捷、准确客观地了解到一个地区的环境空气污染状况,这对环境科学研究和环境保护具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 闫琰,叶芝祥,闫军,等.成都市郊区雾水中阴离子变化的研究[J].四川环境,2008,27(3):16-18.
- [2] 吴兑,邓雪娇,叶燕翔,等.南岭大瑶山浓雾雾水的化学成分研究[J].气象学报,2004,62(4):476-485.
- [3] 黄玉生,郭慧光,刘富兴.工业区与非工业区辐射雾水的化学组成[J].地理学报,1992,47(1):67-73.
- [4] 李子华.中国近 40 年来雾的研究[J].气象学报,2001,59(5):616-624.
- [5] 赵琦,孟小星,陈刚才,等.“十五”期间重庆雾水化学特征研究[J].西南大学学报(自然科学版),2007,29(8):146-149.
- [6] 王明星,郑循华.大气化学概论[M].北京:气象出版社,2005.
- [7] 顾宏堪.水-汽离子通量的顾函数计算值[J].海洋与湖沼,1996,27(1):98-102.
- [8] 顾宏堪.离子水合力与电荷号大小的顾函数标度[J].海洋与湖沼,1998,29(2):206-211.
- [9] 简新立,王平.空气冷凝水的测定及意义[J].环境科学与技术,1995,69(2):25-29.
- [10] 刘嘉麒,W. C. 肯尼,霍义强,等.背景降水——中美科技合作全球内陆降水背景值研究[M].北京:中国环境科学出版社,1995.
- [11] 唐孝炎,张远航,邵敏.大气环境化学[M].2版.北京:高等教育出版社,2006.
- [12] 赵睿新.环境污染化学[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [13] 汪立河,秦波.马鞍山市城区主干道近地面空气质量调查[J].环境监测管理与技术,2001,13(3):27-28,33.
- [14] 张予燕,李修刚,张伟.南京市街道峡谷机动车尾气污染特点和环境容量分析[J].环境监测管理与技术,2002,14(5):11-13.