

潮州沿海大气气溶胶无机离子浓度分布与气象要素的相关分析

姚青¹ 孙玫玲¹ 张长春¹ 穆怀斌¹ 韩春明²

(1. 天津市气象科学研究所, 天津 300061; 2. 天津市气象局, 天津 300074)

摘要:根据2004年广东潮州沿海地区的气溶胶浓度观测资料,分析潮州沿海大气气溶胶无机离子浓度分布特征及气象要素对其的影响。结果表明:离子浓度季节性差异明显,总离子浓度呈现春夏季低、秋冬季高的特征,系由当地不同季节降雨量和风向分布不同造成的;气溶胶无机成分与海水近似,表明海盐是当地气溶胶的重要来源之一,但 Cl^- 与 Na^+ 不一致,表明可能存在除海盐颗粒以外的异地气溶胶长距离输送;总离子浓度随采样点高度增加而降低,随采样时海陆风变化而变化;阳离子浓度日际变化不明显,阴离子浓度易受天气条件影响。

关键词:潮州沿海地区;气溶胶;无机离子;浓度分布;气象要素

1 引言

大气气溶胶作为大气环境中的重要组成部分,不仅与大气环境质量和人类健康密切相关,而且对降水的酸碱度和大气辐射平衡具有重要影响^[1]。气溶胶中的水溶性无机成分主要来源于火山爆发、海浪飞溅等地球化学过程以及人类活动,诸如道路交通、矿山开发和工业排放,并且大气的气-粒转化过程和中长距离输送也改变着这些气溶胶的粒径分布和化学组成^[2]。对气溶胶的水溶性无机成分研究以往多以排放源解析、地域分布^[3]和粒径分布^[4]为主,有关气候条件对其影响的研究较少。

沿海地区由于地处海陆交界,其气溶胶特征易受到海洋影响,具有不同于内陆城市空气污染的特征。本文对广东潮州沿海地区的大气气溶胶中的无机成分进行分析,初步探讨海洋性气候特征对气溶胶无机成分的影响。

2 资料来源

样品资料来源于天津市气象科学研究所于2004年1月-2004年10月应某电厂需求在广东潮州海岸线地区进行的气溶胶浓度观测实验。主要考虑当地位于海岸线附近,建筑物及设备易受海盐气溶

胶腐蚀,因此分析项目选取海盐气溶胶中6种常见的无机离子(K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- 和 SO_4^{2-})。

采样地点位于饶平县柘林镇,东临南海大垵湾,其余三面海拔高度为100—200 m的丘陵所包围。采样点地面海拔高度为5 m,附近没有工业分布和密集的人口分布,测得的数据比较适宜作为该地区的背景值。该区属亚热带海洋性气候,冬季常受北方冷空气影响,盛行偏北风;夏秋季常受台风影响,降水丰沛;春季冷暖空气交错,常出现阴雨多雾天气。多年平均降水量为1466.0 mm,年平均降水日数为125 d,由于受大气环流影响,年降雨量分配不均,4—9月的雨季降水量占全年降水量的88.4%。

采用KB-120 F型TSP中流量采样器,采集空气动力学直径小于100 μm 的气溶胶颗粒。一年中选取1,4,7月和10月作为冬、春、夏季和秋季的代表月份,每日于08:00,14:00时和20:00时各采样1次,每次采样时间为30 min,采样流量为100 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$,取1 d内3次采样的平均值作为当日测定值。在自建的铁塔上分高度(1.5, 5.0 m和10.0 m)采样,以离地1.5 m处样品分季节和分时段进行比较分析。获得的样品采用原子吸收分光光度法测定 K^+ , Na^+ 和 Mg^{2+} ,应用离子色谱仪分析 Cl^- , NO_3^- 和 SO_4^{2-} 。

收稿日期:2006-11-15;修订日期:2007-04-11。

基金项目:“天津市气象局现代化建设”项目资助(2005-7)。

作者简介:姚青,男,1980年生,助理工程师,硕士,主要从事大气成分方面的研究。

3 结果分析

3.1 无机离子的季节分布

K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- 和 SO_4^{2-} 6种离子质量浓度之和作为总离子浓度,其代表月份变化见图1。由图1可知,1月和10月总离子浓度较高,4月和7月较低,最低的7月浓度仅为1月浓度的41.6%。这与该地区的降水季节分布有关,包括4

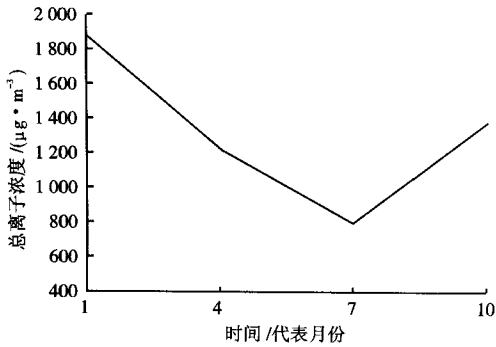


图1 总离子浓度的代表月份变化

月和7月在内的春夏季降雨占全年降雨近九成,大量的雨水会冲刷大气中的气溶胶,形成气溶胶的湿沉降,逐日采集得到的气溶胶样品很多都是在雨后完成,这就降低了气溶胶中总离子浓度,并且这一变

化与各典型月份降水量存在一定的关系。

对比观测数据发现,总离子浓度在最高的1月超过 $1800 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,最低的7月亦接近 $800 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,较之各地获得的离子浓度数据^[3-7]有明显偏大,这可能与采样地点的地理环境和气象条件有关。采样点距离海岸线仅有数米之遥,且三面为低矮丘陵环绕,从东南面吹来的海风带来的海盐气溶胶极易在此沉积;事实上,当地暴露在空气中的工业部件腐蚀程度达到较高的C4级(ISO 9223),与可能由海盐气溶胶引起的高离子浓度有关。

所测的6种无机离子中,按全部采集样品的质量浓度计算, Cl^- 占据主要地位,为60.0%;其次是 Na^+ 和 Mg^{2+} ,各占14.0%;最少的 NO_3^- 仅占总离子浓度的2.4%(表1)。从其来源分析,气溶胶中离子浓度的相对大小与海水中盐浓度存在一致性,如 Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 在海水中浓度均超过1‰,这说明海盐是当地重要的气溶胶来源,或至少是重要来源之一。对阴阳离子的质量平衡进行计算,可知离子平衡值: $\{2[Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+]\} / \{[Cl^-] + 2[SO_4^{2-}] + [NO_3^-]\} = 1.05$,处于表征离子平衡的0.9—1.1,表明所测定的6种离子能够很好地代表气溶胶样品的无机成分。

表1 不同离子的浓度分布

离子	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	Mg^{2+}	Na^+	K^+	合计
质量浓度/ $(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	826.50	62.40	32.90	199.60	188.00	68.00	1377.40
质量浓度百分比	60.00	4.50	2.40	14.00	14.00	4.90	100.00
物质的量浓度/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-3})$	23.30	0.65	0.53	8.30	8.20	1.70	42.68

需要指出的是,在对不同离子的代表月份分布进行统计(图2)后发现, Cl^- , Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 的季节

可能与当地夏季盛行东南方向的海风,海盐粒子随海风向陆地扩散,导致离子浓度随风向而具有显著的周期性变化有关。 Cl^- , Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 在多海风的夏季浓度本应高于冬季,但从降水角度考虑,吸湿性较强的阴离子被降水大量吸收,导致浓度下降。吴兑等^[5]在广州进行的水溶性气溶胶成分谱的年变化特征研究表明,广州地区10月的 Cl^- , Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 的离子浓度显著高于其他月份,以夏季的6—8月3种离子浓度最低,也表明湿沉降对大气气溶胶具有显著的清除作用。 Na^+ , K^+ 和 NO_3^- 浓度反常变化的原因有待于进一步探讨。与内陆地区,如南京^[6]、北京^[3]地区的观测结果相比较,可以发现 Cl^- 的比例显著偏高,同时 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 浓度则与其相比低

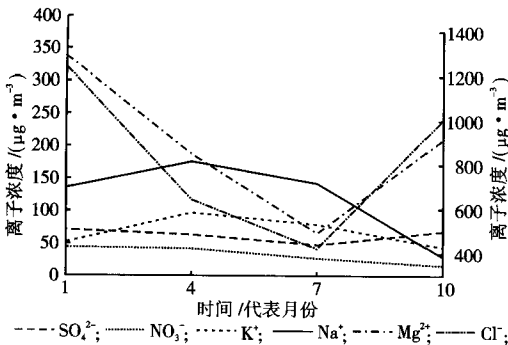


图2 不同离子的代表月份分布

分布与总离子浓度相一致,即表现为春夏季明显低于秋冬季,但 Na^+ , K^+ 和 NO_3^- 呈现相反的规律,这

的多,表明采样点附近没有明显的工业排放源,而 Cl^- 浓度甚高可能与其在海岸线附近采样有关。

3.2 高度对总盐浓度的影响

在利用自建铁塔进行的不同高度采样中发现(图3),1.5—5.0m总离子浓度减少了20%,到

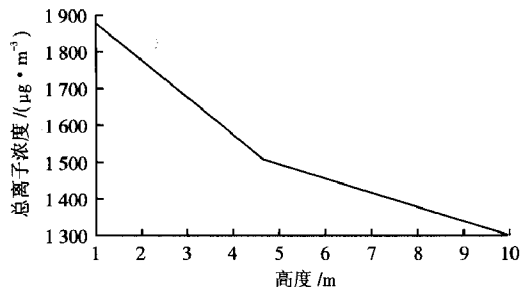


图3 高度与总离子浓度的变化曲线

10.0 m 处,则减少到近地面(以 1.5 m 代表)的 69%,这表明总离子浓度与高度存在明显的负相关。

3.3 总盐浓度的日变化特征

对2004年1月资料分析(图4)发现,14:00

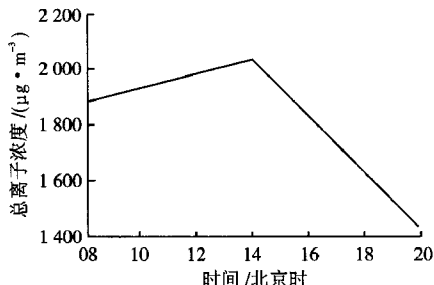


图4 不同时间与总离子浓度的变化曲线

总离子浓度最高,20:00 最低,其原因与海陆风的日变化有关,白天盛行海风,大量的海盐气溶胶由海上带到陆地,导致下午海盐离子浓度增大;傍晚以后,风由陆地吹向海洋,造成离子浓度迅速下降。

3.4 不同离子的日际变化特征

全月平均浓度可以反映典型月所代表的季节内各离子浓度的变化情况,而一月内逐日浓度观测则可以得到各种离子浓度变化的稳定程度,并对判断气溶胶来源提供初步的证据。在对 2004 年 7 月观测资料进行的逐日统计中发现(图 5),6 种离子的浓度变化存在较大差异,其中 SO_4^{2-} , NO_3^- 和 Cl^- 3 种阴离子的日相对平均偏差(RSD)均在 10.0% 以上, SO_4^{2-} 为 43.1%,3 种阳离子则均在 10.0% 以下,这表明阴离子较之阳离子更容易受到天气条件的影响。7 月为多雨月份,雨水对阴离子的冲刷作用强于阳离子,可能与不同离子所具有的吸湿性差异有关。此外,工业排放也是这 3 种阴离子的重要的来源。

有研究表明^[7],随着离海距离的增加,海盐粒子对气

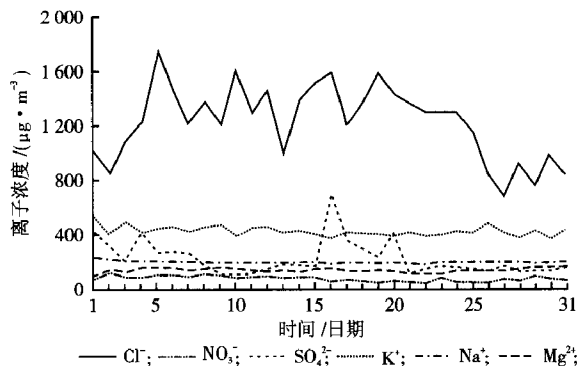


图5 不同离子的日际变化

溶胶的贡献率逐步降低,几十千米以外则基本上不会影响当地离子浓度。海边则情况相对复杂,一方面海风带来的海盐粒子受到天气条件的影响,对离子浓度贡献最大,另一方面人为活动以及长距离输送的其它气溶胶颗粒也会影响到总盐离子浓度。

4 结论

(1)对潮州沿海地区的大气气溶胶成分分析表明,海盐颗粒是无机离子的主要来源,降雨和风向是造成离子浓度季节性差异的主要原因。

(2)采样点的高度和温度对总离子浓度有显著影响。

(3)不同离子的日际变化特征显示阴离子来源复杂,可能存在除海盐颗粒以外异地气溶胶长距离输送。

(致谢:感谢天津市气象局的张丹为采样提供了帮助,天津市气象科学研究所陈焱源高工和解以扬研究员对本文的撰写提供了指导)

参考文献

[1] 王晓蓉. 环境化学[M]. 南京:南京大学出版社,2000: 176-177.
 [2] 王明星. 大气化学[M]. 北京:气象出版社,1999:186-189.
 [3] 陈永桥,张逸,王章玮,等.北京市不同区域大气气溶胶粒子中水溶性离子的特征[J]. 环境化学,2004,23(6): 674-680.
 [4] 王珉,胡敏. 青岛沿海大气气溶胶中无机组分在粗、细粒子上的分布[J]. 环境科学,2001,22(5):35-37.
 [5] 吴兑,陈位超. 广州气溶胶质量谱与水溶性成分谱的年内变化特征[J]. 气象学报,1994,52(4):499-505.
 [6] 王荟,常卫民,杨丽波,等. 南京市大气气溶胶中部分无

- 机离子的粒径分布[J]. 环境科学研究, 2004, 17(6): 12-14.
- [7] 吴兑, 陈位超, 甘春玲, 等. 台山铜鼓湾低层大气盐类气溶胶分布特征[J]. 气象, 1993, 19(8): 8-12.

Relationship between inorganic ion concentration distribution of atmospheric aerosol and meteorological element at Chaozhou coastland

YAO Qing¹ SUN Meiling¹ ZHANG Changchun¹ MU Huaibin¹ HAN Chunming²

(1. Tianjin Institute of Meteorological Sciences, Tianjin 300061;

2. Tianjin Meteorological Bureau, Tianjin 300074)

Abstract: Based on the observation data of aerosol particles in 2004 in Chaozhou coastland, the inorganic ion concentration distribution of atmospheric aerosol and the effect of meteorological element on them were analyzed. The results indicated that the season difference of ion concentration was obvious. The total ion concentration was lower in spring and summer, whereas it was higher in autumn and winter, which was caused by the difference of precipitation and wind direction in this area. The inorganic component of aerosol was similar to that of sea water, so it was considered that sea salt was one of the most important source of aerosol particles. The concentrations of Cl^- and Na^+ were different. Thus, it showed that aerosol particles in other area were likely transported to the study area. Furthermore, the total ion concentration decreased with the increase of sampling sites' height, and it changed with the sea-land wind change. Daily changes of positive ion concentration were not obvious, while those of negative ion concentration were influenced easily by weather conditions.

Key words: Coastland in Chaozhou; Aerosol; Inorganic ion; Concentration distribution; Meteorological element