

台山铜鼓湾低层大气盐类气溶胶分布特征*

吴 兑 陈位超 甘春玲 毛伟康

(广州热带海洋气象研究所, 510080)

陈焱源 韩春明 马福春

(天津市气象科学研究所)

提 要

1989年2月在台山铜鼓湾海边对水溶性气溶胶的离子成分 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 进行了分析,发现其中主要离子成分是 Cl^- 与 Na^+ ,它们都来自海盐气溶胶, Mg^{2+} 亦来自海盐;而 K^+ 主要是陆源性的; SO_4^{2-} 的来源以海盐为主,但也反映出受东亚大陆较严重大面积硫污染影响的特征;而 NO_3^- 有较高的富集现象,且100%为非海盐成分,应是局地人类活动,如农耕与炊事影响所致。

关键词: 盐类气溶胶 华南沿海 观测分析 环境灾害

引 言

随着沿海工业化进程的加速,华南沿海海岸地带建筑群与工业设施的数量迅速增加。海洋大气中存在有高浓度的海盐气溶胶粒子^[1],由于海盐粒子潮解后对材料有很强的腐蚀作用,因而在近海地带,海盐气溶胶粒子对材料的损害成为一种严重的环境灾害。对海盐粒子的研究最初是从云物理角度出发的,我国自60年代开始在大陆东部地区开展了吸湿性巨盐核的研究,主要涉及吸湿性海盐巨粒子的分布特征及其在暖雨发展过程中的作用等方面^[2];80年代以后,为研究酸雨形成机制,主要是云下雨滴对气溶胶的清除过程,开始对近地层大气气溶胶中水溶性成分进行了研究^[3],在各种离子成分中,也包括了

相当部分的海盐成分。但以沿海地带工业设施防腐对策为目的,而对海盐气溶胶分布特点进行的研究则较少,本文介绍在华南沿海观测的实例,以供经济建设部门参考。

1 观测与分析方法

台山铜鼓湾位于我国华南沿海,南海北岸中段,东距珠江口大约100km,位于 $21^{\circ}52' \text{N}$, $112^{\circ}55' \text{E}$,海湾东西长约6km、纵深2km为海滩地及坡地,北面以及东西两侧为海拔200—700m左右的山地(见图1)。该地属亚热带季风气候区,夏季高温多雨,冬季气候温暖少雨。观测是在1989年2月15—24日进行的,共10天。观测期间天气以晴到多云为主,每天清晨易出现海雾,上午抬升为层云,偶有毛毛雨,但观测时均无降水。风向以NE—ESE扇区内出现频率较高,达77%,主导风向基本与海岸线平行。分别在海边,及离海边500m处,1000m处设立3个采样点,每个采样点分3层采样,分别距地面1.5m,5m,10m高;每天观测3次,分别为北京时08时,14时,

* 本工作曾得到国家气象局科学基金云物理项目的资助。

1) 吴兑等,华南地区大气气溶胶质量谱与水溶性成分谱分布的初步研究,国家“七五”科技攻关项目总结报告(75)58-5-02-02(4),1990。

20时。使用 CD-1型与 GS-3型大气采样器采集样品,样品收集于装有20ml 去离子亚沸蒸馏水的吸收管中,抽气量 $1l \cdot \text{min}^{-1}$,采样时间30分钟,每次采双样,这样大气气溶胶在经过

吸收管时被捕获,其中的水溶性成分被常温淬出。共分析了6种离子成分,其中 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 用原子吸收分光光度法, SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 用化学法测定。

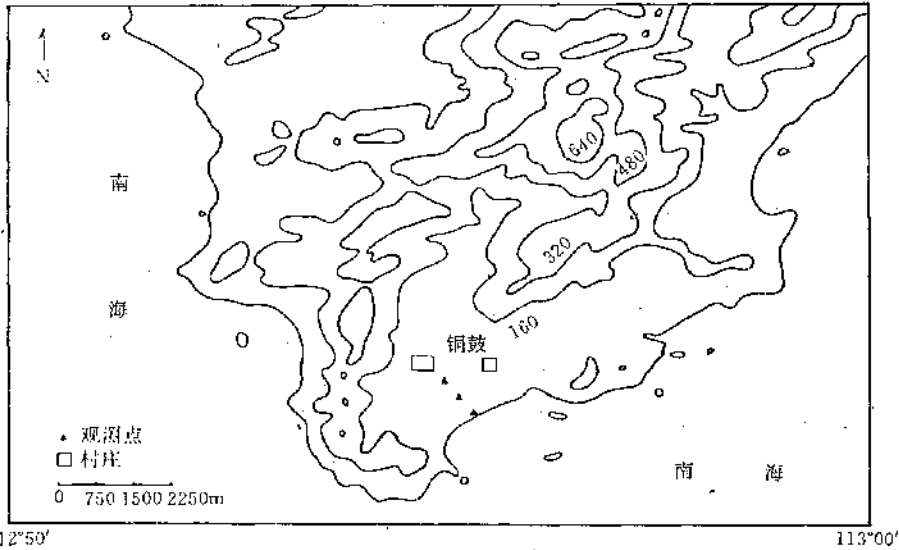


图1 观测点示意图

2 气溶胶中水溶性盐类的分布特点

2.1 一般特征

我们将这次观测的平均结果列于表1,

表1 台山铜鼓湾气溶胶中盐类的浓度($\mu\text{meq}/\text{m}^3$)

位置	高度	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	K^+	Na^+	Mg^{2+}
海边	1.5m	1143	424	872	671	2452	465
	5m	1330	387	906	581	1513	440
	10m	1537	287	908	1101	1822	443
	平均	1337	366	895	784	1929	449
距海边	1.5m	1256	789	729	1340	2261	342
	5m	1849	410	936	1078	3523	314
	10m	1343	519	800	881	2591	273
500m	平均	1483	573	822	1100	2793	310
距海边	1.5m	1334	4053	782	883	2515	448
	5m	1315	2611	810	743	2955	426
	10m	1478	2175	872	805	2145	388
	平均	1376	2947	821	810	2538	421
总平均		1399	1295	846	898	2420	393

大致来看,该地气溶胶水溶性盐类成分中以 Cl^- 居阴离子首位,其次是 NO_3^- 与 SO_4^{2-} 。在阳离子中,以 Na^+ 的含量最高,反映了海岸地带气溶胶中海盐粒子的重要贡献。由于该地海

岸为浅沙滩海湾,风浪较小,加之地处珠江口西侧淡水控制区,海水盐度不大,大气中海盐粒子估计主要来自南海腹地;加之观测期间主导风向大致与海岸走向平行,故而从海岸到离岸1km处, Cl^- 与 Na^+ 的分布无大变化,在同一观测点的不同高度也无明显差异,与盐粒子源地高盐度海区的分布^[2]不同。同样 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 也无明显的距离变化与高度变化,可以认为其源地较远,局地源影响较小,代表了该地区的平均状况。比较有意思的是 NO_3^- ,在海边其浓度维持较低水平,随着离海岸距离的增加,浓度加大,在距海岸1km处甚至超过了 Cl^- 的含量,这种分布主要与人类农事活动有关。距海岸500m测点处在农田(沙滩地)之中,此处 NO_3^- 的浓度已达海边的近一倍;距海岸1km处测点已接近村庄(周围是水稻田),其浓度更高达海边的10倍左右; NO_3^- 随高度的分布也有其特点,在3个测点中都是1.5m处浓度最高,这也反映了与农事活动的关系,当时正值春耕施肥期间。以上特点说明 NO_3^- 主要与农事活动造成

的人类源气溶胶粒子分布有关。

2.2 日际变化

结合图2各种离子的逐日变化来分析,可发现离子浓度有明显的日际变化,除 NO_3^- 外,各测点与各高度上有很相似的变化趋势,说明该地大气气溶胶中 Cl^- 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 的源地离测点较远,代表了沿海岸地带

的平均情况,日际变化主要受大尺度气象条件影响。而 NO_3^- 具有明显的距离变化与高度变化,反映该种离子的发生源就在测点附近,其特点如前所述,越远离海岸靠近村庄,高度越低时, NO_3^- 的浓度就越大,其日际变化除受大尺度气象条件影响外,还与源的强度变化有关。

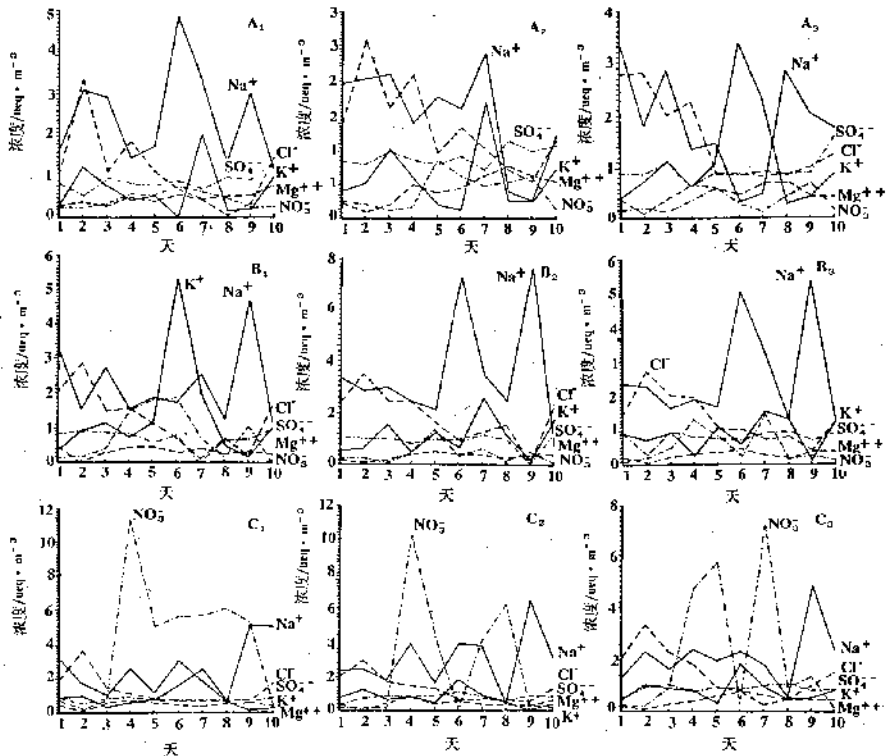


图2 盐类气溶胶水溶性离子的日际变化

图号 A、B、C 分别表示距海岸边1000m、500m 和岸边;其下标1、2、3分别为高1.5m、高5m 和高10m 处

2.3 日变化

盐类气溶胶的离子浓度也有日变化,这里我们以海边与距海岸1km 处1.5m 高的结果为例,如图3所示。我们看到在海边 NO_3^- 日变化不很明显,且浓度甚低。而在距海边1km 处 NO_3^- 的日变化十分显著,其浓度傍晚可比日间大几倍,这里反映局地源影响的重要性。实际上其日变化与源的活跃程度是正相关的,傍晚时农事活动积累的粒子与炊事活动正值高潮相叠加造成了浓度峰值(当地以柴草为燃料,植物燃烧时会有大量 NO_x 气体产

生,经转化形成硝酸盐粒子);经过一夜的沉降与其它自然转化清除过程;清晨浓度达较低值。而海边的情况反映了 NO_3^- 的自然本底水平,故日变化不明显。 Na^+ 的日变化主要反映了层结的日变化特征,清晨浓度达极大值,这与以往在其它地区的研究结果是相似的^{[8]1)}。 SO_4^{2-} 的含量比较稳定,尤其是海边无明显日变化,距海岸1km 处傍晚比日间略有

1) 吴兑等,西沙群岛大气中海盐粒子的分布特征,气象学报,待发表。

增多,这里反映出有一小部分 SO_4 来自局地源。

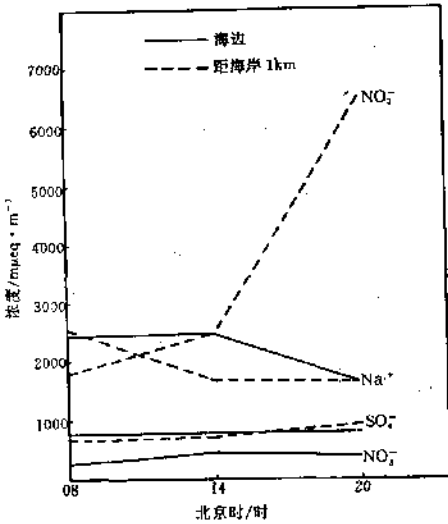


图3 盐类气溶胶中 NO_3^- 、 SO_4^- 、 Na^+ 的日变化

3 非海盐成分与富集度因子的讨论

3.1 非海盐成分

由于测点位于海边,海盐气溶胶对该地水溶性气溶胶的贡献不容忽视,但也会有一些其它来源,为分析该地盐类气溶胶成分的可能来源,我们来考查一下该地盐类气溶胶中诸离子的非海盐含量^[4]。考虑到海盐气溶胶中的主要成分,我们定义某种物质的非海盐含量如下:

$$X_{i,nss} = X_{i,aerosol} - \left(\frac{X_{i,sea}}{Na_{i,sea}} \right) \times Na_{i,aerosol} \quad (1)$$

式中 $X_{i,aerosol}$ 与 $X_{i,sea}$ 分别为某种物质在气溶胶与海水中的浓度, $Na_{i,aerosol}$ 与 $Na_{i,sea}$ 分别是 Na^+ 在气溶胶与海水中的浓度;在海水中 Na^+ 是比较稳定的离子成分,故而我们选它作为海水的参考离子成分。计算结果列于表2,我们发现在台山海边盐类气溶胶中有100%的 NO_3^- , 90%的 K^+ , 76%的 SO_4^- , 26%的 Mg^{2+} 是“超量”的,我们认为在这些非海盐成分中, NO_3^- 应主要来自于局地污染源; SO_4^- 与我国大陆严重的硫污染造成的普遍的高浓度(即硫污染的大面积特征)有关;“超量”的 K^+ 与 Mg^{2+} 中,有一部分可能与海洋环境中的自然富集过程有关,但 K^+ “超量”达90%,

故不能排除陆源因素。

表2 台山盐类气溶胶中的非海盐成分

	SO_4^-	NO_3^-	K^+	Mg^{2+}
nss ($\mu\text{eq}/\text{m}^3$)	643	1295	811	102
nss/total (%)	76.0	100.0	90.3	26.0

3.2 富集度因子

进而我们来讨论台山盐类气溶胶各主要离子成分的富集度因子。鉴于测点位于海边,另一方面该季节主导风向为偏东风,低层大气的物质输送可随东北季风来自东亚大陆,故而同时考虑以海水和华南土壤离子成分¹⁾为参考的富集情况,相对于华南土壤离子成分的富集度因子:

$$EG_i = (X_i/X_K)/(XG_i/XG_K) \quad (2)$$

相对于海水离子成分的富集度因子:

$$ES_i = (X_i/X_{Na})/(XS_i/XS_{Na}) \quad (3)$$

式中 X_i 为所研究的离子成分浓度, XG_i 与 XS_i 分别为土壤与海水中的浓度,脚标 K 、 Na 指参考离子成分 K^+ 、 Na^+ 。一般来讲来自海洋的气溶胶粒子中 Na^+ 是比较稳定的成分,故而选用 Na^+ 作为相对于海洋的参考离子成分;根据我们所测几种离子成分的分析, K^+ 中有90%是非海盐成分,且也相对比较稳定,在未测其它离子成分的情况下,选择 K^+ 来作为相对于土壤的参考离子成分。表3列出了相对于海水与相对于土壤的各离子成分的富集度因子。我们看到相对于海水而言,主要被富集的是 NO_3^- , K^+ , 而 SO_4^- 稍有富集, Cl^- 有明显损耗,我们这里 Cl/Na 比为0.58,远低于海水中的比值1.16,类似现象在我们以前的工作中亦有出现。相对于土壤离子成分来讲,主要被富集的是 Na^+ , 它来自海洋源;其它离子成分的富集度因子在1附近变动,说明其来源主要与土壤粒子有关。其中 Mg^{2+} 的富

表3 台山盐类气溶胶离子成分的富集度

	Cl^-	NO_3^-	SO_4^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}
相对于土壤	0.54	0.73	0.13	2.41	1	1.33
相对于海水	0.32	6279.0	4.18	1	10.31	1.35

1) 吴兑等,广州大气气溶胶质量谱与水溶性成分谱分布的日变化特征,待发表。

集度因子对海水和对土壤均接近于1,可代表自然本底水平。

3.3 离子中和情况

B. 休伯特等曾利用比值:

$$q = \frac{(2 \times [\text{Ca}^{2+}] + [\text{NH}_4^+])}{(2 \times [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-])} \quad (4)$$

来讨论未测阴离子所对应的强酸被中和的情况^[5],比照这个方法,并考虑我们未测 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 的情况,我们计算了比值:

$$q = \frac{(2 \times [\text{Mg}^{2+}] + [\text{K}^+] + [\text{Na}^+])}{(2 \times [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-] + [\text{Cl}^-])} \quad (5)$$

在台山 $q = 0.94$,接近于1,这一方面表明如果气溶胶中有游离酸存在,整个气溶胶将偏中性或酸性;另一方面,我们所测的 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} ,不足以全部中和 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 与 Cl^- ,未测的 Ca^{2+} 与 NH_4^+ 会对中和诸酸起重要作用。

4 小结

4.1 该季节该地盐类气溶胶中主要的离子成分是 Na^+ 与 Cl^- 。高浓度的海盐气溶胶将会对沿海工业设施造成严重的盐腐蚀损害。

4.2 在近地层内, Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 均无明显的高度变化与距离变化,反映这几种离子的源地比较远,可以代表当地离子浓度的平均水平。而 NO_3^- 有明显的距离变化与高度变化,主要受局地源影响。离子浓度的日际变化主要受大尺度天气变化影响。

4.3 NO_3^- 的日变化主要与源强的日变化相

对应;自然源的代表 Na^+ ,其日变化主要与大气层结的日变化有关。

4.4 估计盐类气溶胶中 Cl^- 与 Na^+ 及 Mg^{2+} 是海洋源的离子成分; K^+ 主要是陆源性的离子成分; SO_4^{2-} 的来源以海洋为主,另外还与东亚大陆严重硫污染造成的平均浓度偏高有关。以上诸离子浓度大致可以代表当地该季节的自然分布情况。

4.5 该地观测期间盐类气溶胶中 NO_3^- 的高浓度引人注目,富集度因子高达6279(对海水),非海盐成分达100%,因而可以初步认为, NO_3^- 主要是由于人类活动的局地污染源形成的,即初春的农事活动与炊事活动。

4.6 所测的 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 不足以全部中和 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 与 Cl^- ,未测的 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 会对中和诸酸起重要作用。

致谢:感谢国家海洋局南海分局李锦荣高级工程师、黄楚光工程师等分析样品。

参考文献

- 1 吴兑等. 西沙永兴岛西南季风期大气中 Cl^- 和 SO_4^{2-} 核的分布特征. 热带气象, 1990, 6(4): 358—364.
- 2 何珍珍等. 我国东部(30°N)从海高到陆地巨盐核观测. 大气科学, 1985, 9(3): 251—259.
- 3 沈志来等. 西太平洋热带海域海盐粒子的观测和结果. 大气科学, 1989, 13(1): 87—91.
- 4 A. K. Mukherjee, et al. Chemical composition of rainwater during monsoon season over Pune (Maharashtra) and its relation to meteorological factors. MAUSAM, 1985, 36(3): 267—274.
- 5 B. 休伯特等. 大气中硝酸盐, 硫酸盐, 铵和钙的浓度. 大气科学, 1989, 13(2): 222—227.

The Distribution of Lower Atmospheric Salt Aerosols for the Tong-gu Bay in Taishan, Guangdong Province

Wu Dui Chen Weichao Gan Chunlin Mao Weikang
(Guangzhou Research Institute of Tropical and Oceanic Meteorology, 510080)
Chen Yanyuan Han Chunming Ma Fuchun
(Meteorological Institute of Tianjin)

Abstract

Ionic compositions of water soluble aerosols observed at the seashore of the Tong-gu Bay in Taishan, Guangdong Province during Feb. 1989, namely, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ and Mg^{2+} , are analyzed. It is found that the dominant ions are Cl^- and Na^+ , which are of marine salt aerosol. The same origin is with Mg^{2+} , too. K^+ mainly comes from the continent. And SO_4^{2-} from sea salt mostly. It does reveal, however, the large scale high pollution of sulfur in the continent of East Asia. The study points out that high concentration of NO_3^- is of 100% non-sea-salt origin. It is obvious that this is related with local farming and household cooking.