

珠江三角洲大气灰霾导致能见度下降问题研究*

吴 兑^{1,2} 毕雪岩¹ 邓雪娇¹ 李 菲¹ 谭浩波¹ 廖国莲² 黄 健¹

1 中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州, 510080

2 中山大学环境科学与工程学院大气科学系, 广州, 510275

摘 要

大气气溶胶的气候效应和环境效应研究是当今国际科技界的热门话题。近年来珠江三角洲地区的气溶胶污染日趋严重, 一年四季长期稳定存在气溶胶云, 重污染区偏于珠江口以西的珠江三角洲西侧。灰霾天气主要出现在 10 月至次年 4 月。大气灰霾导致能见度恶化。自 20 世纪 80 年代初开始, 该地区的能见度急剧恶化, 灰霾天气显著增加, 其中有 3 次大的波动, 分别代表与珠江三角洲经济发展相伴随的气溶胶污染、硫酸盐加气溶胶污染、光化学过程的细粒子加硫酸盐加气溶胶的复合污染时期。雾和轻雾造成的低能见度的长期变化趋势, 没有由于人类活动影响或经济发展影响带来的趋势性变化, 其波动主要反映了气候波动固有的年际和年代际变化。珠江三角洲能见度的恶化主要与细粒子关系比较大, PM_{10} 有一半月均值超过国家二级标准的日均值浓度限值 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 而 $PM_{2.5}$ 月均值全部超过美国国家标准的日均值浓度限值 ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 尤其是 10 月至次年 1 月的月均值浓度几乎超过标准限值的 1 倍, 细粒子浓度甚高。另外 $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的比重非常高 (58%—77%), 尤其是旱季比雨季更高。与 15 a 前的资料相比较, 细粒子在气溶胶中的比重有明显增加, 因而在目前珠江三角洲的气溶胶污染中, 主要是细粒子的污染。

关键词: 珠江三角洲, 气溶胶云, 大气灰霾, 能见度恶化。

1 引 言

大气气溶胶因为其全球气候效应近年来成为科学家们广泛关注的一个重要领域^[1-3]。与大气气溶胶相关联的另外一个重要问题是它的环境效应: 大气污染。大气污染也是当前大多数发展中国家在城市化工业化过程中普遍面临的一个难题。珠江三角洲作为 20 世纪末最后 20 a 全球经济发展最快的地区之一, 也是国内气溶胶导致大气污染相当严重的区域之一。在这个总面积只有 8000 多平方千米的区域, 聚集了香港、广州、深圳、东莞、佛山、澳门、珠海这样拥有数百万人口的国际化城市和几十个人口在几十万左右的中等城市, 在大量土地被工业化利用、植被减少、交通工具迅猛增加、乡镇企业工厂蓬勃发展的情况下, 这一地区频繁发生的大气污染事

件已经引起政府和公众的广泛关注。空气污染不仅对居民的身体健康构成威胁, 而且导致的能见度下降也对城市的经济活动和市民生活带来显著影响, 并使一个地区或城市的景观给人以很负面的形象, 广州拟举办 2010 年亚运会, 高频多发的恶劣能见度事件对其有非常不利的影响, 将面临改善空气质量、美化城市景观的艰巨任务。环境影响因子和合理的改善措施建议的研究关系到珠江三角洲整个地区城市群的协调与可持续发展。

气溶胶粒子是悬浮在大气中的直径 10^{-3} — $10^1 \mu\text{m}$ 的固体或液体粒子, 其质量仅占整个大气质量的十亿分之一, 但其对大气辐射传输和水循环均有重要的影响^[4]。大气中的气溶胶粒子的自然来源主要是海洋、土壤和生物圈以及火山等。气溶胶对气候变化、云的形成、能见度的改变、环境质量变化、大气

* 初稿时间: 2005 年 7 月 28 日; 修改稿时间: 2006 年 1 月 16 日。

资助课题: 国家自然科学基金 (40375002, 40418008), “973” 计划项目课题 (2006CB403701), 广东省自然科学基金 (033029), 广东省重点科技攻关项目 (2004A30401002, 2005B32601011), 广州市应用基础研究项目 (2004J1-0021)。

作者简介: 吴兑, 男, 1951 年生, 北京人, 研究员。主要从事大气物理化学和环境气象研究。

微量成分的循环及人类健康有着重要影响。工业化以来,人类活动直接向大气排放大量粒子和污染气体,污染气体通过非均相化学反应亦可转化形成气溶胶粒子。

1999 年欧美科学家发现,在亚洲南部上空经常笼罩着一层 3 km 厚的棕色气溶胶云,并称其为亚洲棕色云^[5],也有人将其称为灰霾天气^[6-7],其组成主要包括:黑碳、粉尘、硫酸盐、铵盐、硝酸盐等,后来发现各大洲都存在类似现象,又将其称为大气棕色云。并进而提出,原来假定的气溶胶辐射强迫的冷却效应要作一定的修正,尤其认为大气灰霾中的黑碳气溶胶是气候变暖的重要角色^[5],这就使得气溶胶辐射强迫对气候变化影响的不确定性增加,而且也存在国际上发达国家,主要是美国利用减排黑碳气溶胶问题对中国进行经济遏制,对中国进行打压的外交压力。获取供中国独立自主评估气溶胶气候效应和环境效应所需的准确、时空分辨率高的气溶胶的直接观测资料就显得更加迫切。

2 资料来源与处理说明

本文主要使用珠江三角洲气象台站 1954—2004 年的能见度、湿度、天气现象资料,2001—2003 年 EOS/MODIS 卫星反演的气溶胶光学厚度资料,2004—2005 年在广州番禺观测的气溶胶细粒子资料。

定义当日均能见度小于 10 km,日均相对湿度小于 90%,并排除降水等其他能导致低能见度事件的情况为一个出现大气灰霾的日子,日均能见度小于 10 km,日均相对湿度大于 90%,并排除降水等其他能导致低能见度事件的情况为一个出现轻雾的日子^[6-7]。

使用美国国家宇航局(NASA)利用地球观测系统计划(EOS)的卫星 Terra 和 Aqua 所搭载的

MODIS 仪器对地球的多光谱高分辨率观测得到的 NASA 建立的 MODIS 资料业务处理系统中提供的分辨率为 10 km × 10 km 的气溶胶光学厚度(AOD) Level2 产品,李成才等^[8]曾利用在华南地区长期的太阳光度计观测得到气溶胶光学厚度并与 NASA 的气溶胶产品进行详细对比,认为这一产品具有较高精度可以描述中国象华南这样常年植被密集、地表可见光反射率比较低的地区的气溶胶特征^[8]。

使用美国气溶胶采样器(Minivol Portable Air Sampler, Airmetrics, USA)在广州番禺气溶胶观测野外站用膜采样称重方法观测了 PM₁₀和 PM_{2.5}质量浓度,使用两台采样器同步采样,每个样品连续采集 24 h。

3 区域能见度的长期变化趋势

从广州地区过去 50 a 中每个月出现灰霾天气的天数和 12 个月的滑动平均趋势线(图 1a)看,自 20 世纪 80 年代初开始,该地区的能见度急剧恶化导致灰霾天数增加,其中有 3 次大的波动,80 年代初至 80 年代中后期是第 1 次明显上升期,一般认为与改革开放后珠江三角的第 1 次经济发展有关,当时中国环境保护法规还不完善,环境保护措施刚刚起步,大气污染物直接排放,气溶胶污染较为严重,80 年代末出现了持续好转,与中国当时的环境政策有关,珠江三角地区开展的消烟除尘措施有效地改善了能见度;而后随着经济规模扩大,二氧化硫污染日趋严重,二氧化硫氧化的硫酸盐粒子与直接排放的气溶胶粒子叠加形成了第 2 次能见度恶化时段,时间大体是在 1990—1997 年,而后中国开展了以酸雨控制和二氧化硫控制为主的大气污染治理,珠江三角地区是两控区,因而 1998—2000 年能见度出现了明显好转;目前进入自 2002 年开始的第 3 次能见度恶化周期,近年来

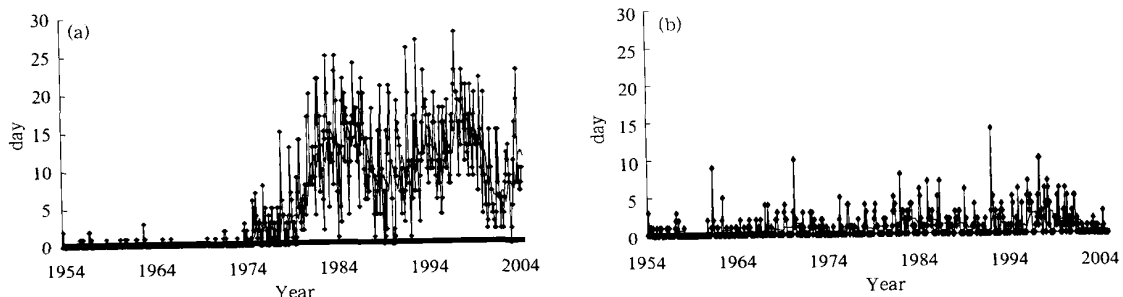


图 1 广州过去 50 a 灰霾天气(a)和轻雾天气(b)的长期变化趋势

Fig. 1 The long-term trend of monthly haze (a) and mist days (b) in Guangzhou from 1954 to 2004

珠江三角运输业高度发展,机动车尾气污染引发的光化学污染在珠江三角地区出现,再叠加上直接排放的气溶胶和硫酸盐粒子,珠江三角进入了复合大气污染的时代。当然,中长期天气气候背景的波动也会对能见度的变化产生影响,但这个问题非常复杂,研究难度很大。由同一时段轻雾日的长期变化趋势(图 1b),可以看到并没有由于人类活动影响或经济发展影响带来的趋势性变化,其波动主要反映了气候波动固有的年际和年代际变化。

作为对照,惠州地处珠江三角洲东部边缘,在雨季,珠江三角地区近地面盛行东南气流,在旱季,珠江三角地区盛行东北气流,因而惠州多数情况下处在珠江三角地区的上风向。从图 2 看到,无论是灰霾天气,还是轻雾天气,都没有由于人类活动影响或经济发展影响带来的趋势性变化,其波动主要反映了气候波动固有的年际和年代际变化,可以代表珠江三角地区能见度变化的本底水平。

珠江三角不同方位的测站能见度的长期变化趋

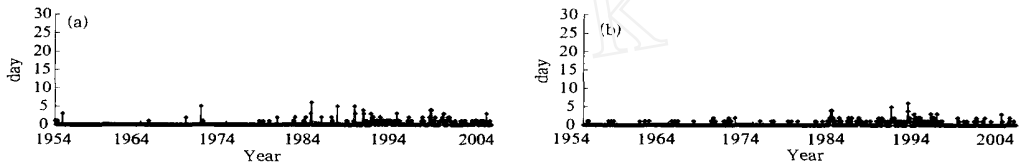


图 2 惠州过去 50 a 灰霾天气(a)和轻雾天气(b)的长期变化趋势

Fig. 2 The long-term trend of monthly haze (a) and mist days (b) in Huizhou from 1954 to 2004

势不尽相同,从图 3 看到,佛山的灰霾天气长期变化趋势与广州类似,因为这两个城市都处在珠江三角城市群的核心地带;东莞在第 1 次经济发展期灰霾天气没有显著增加,在第 2 次上升期有表现,但强度较广州、佛山明显偏小,值得注意的是第 3 次上升

期,东莞灰霾天气的出现日数超过了广州、佛山,每月 15—20 d,灰霾天气非常严重;中山的情况比较有趣,在第 1 次经济发展期灰霾天气没有显著增加,在第 2 次上升期其强度几乎与广州、佛山相当,奇怪的是没有表现出第 3 次增加的趋势,值得深入研究;而

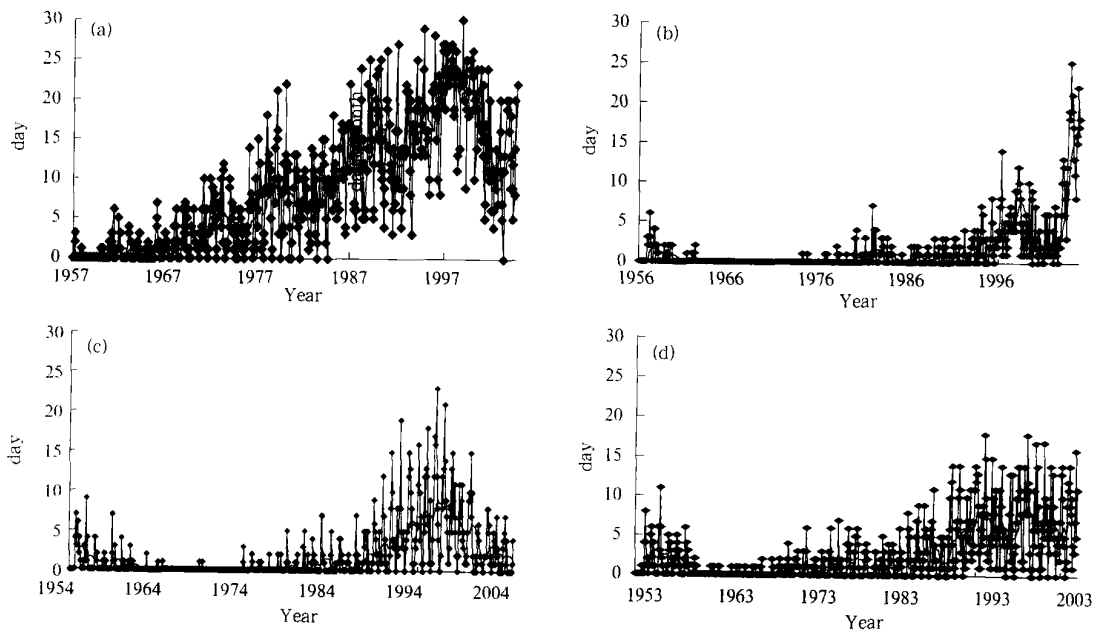


图 3 佛山(a)、东莞(b)、中山(c)、肇庆(d)过去 50 a 灰霾天气的长期变化趋势

Fig. 3 The long-term trend of monthly haze days in Fuoshan (a), Dongguan (b), Zhongshan (c) and Zhaoqing (d) from 1954 to 2004

肇庆长年处于珠江三角的下风向,也就是说,肇庆处在珠江三角气溶胶云的尾羽内,本地没有重要的气溶胶污染源,表现了灰霾天气缓慢增加的趋势。另外,值得注意的是,佛山、东莞、中山、肇庆在 20 世纪 50 年代末期出现了灰霾天气的明显峰值,而广州并没有这样的现象,是否和中国在当时全民大炼钢铁

有关,因为当时大城市有钢铁厂,广大中小城市和农村是存在众多的土高炉的,值得深入研究。同样,从图 4 看到,这 4 个城市轻雾没有增加的长期变化趋势,并没有由于人类活动影响或经济发展影响带来的趋势性变化,其波动主要反映了气候波动固有的年际和年代际变化。

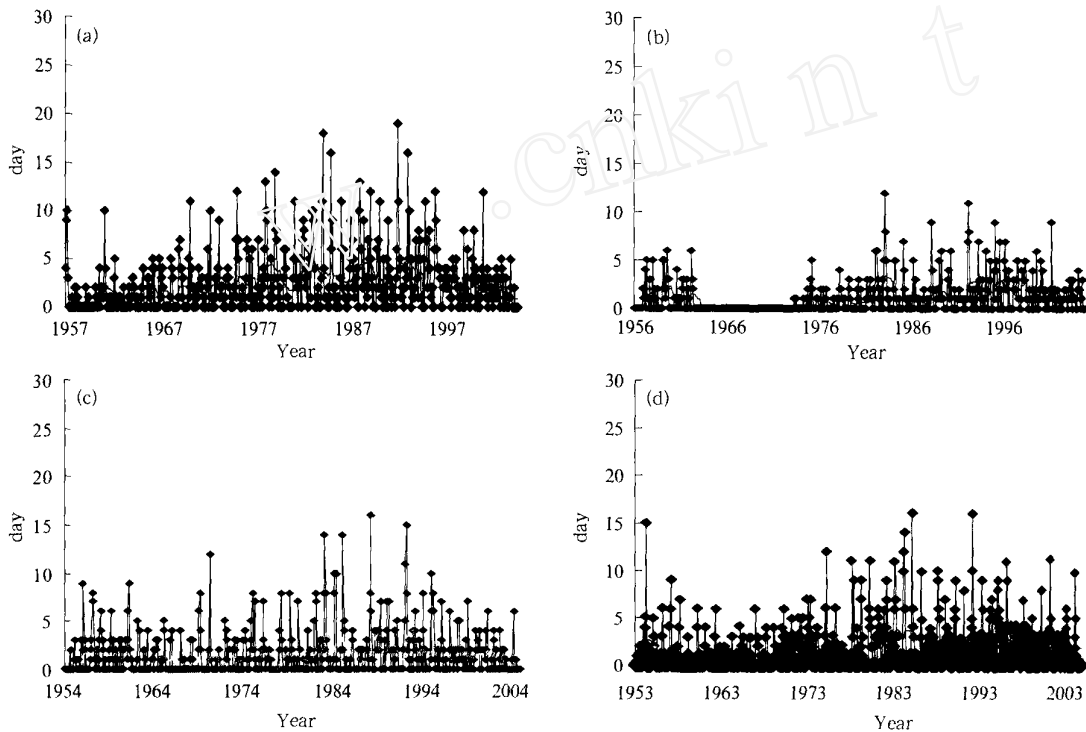


图 4 佛山(a)、东莞(b)、中山(c)、肇庆(d)过去 50 a 或轻雾天气的长期变化趋势

Fig. 4 The long-term trend of monthly mist days in Fuoshan(a), Dongguan(b), Zhongshan(c) and Zhaoqing (d) from 1954 to 2004

珠江三角洲区域能见度恶化与该地区经济容量的快速增长密切相关,图 5 给出了珠江三角洲 7 市的能源消耗、GDP、人口、机动车增长的情况^[9],可以看到,25 a 以来,珠江三角地区能源消耗与经济规模呈现快速增长的趋势,其中 20 世纪 80 年代中后期、90 年代中期和本世纪初增长率较快,与前述的能见度恶化趋势有对应关系。

4 区域气溶胶光学厚度的季节变化表明珠江三角洲气溶胶污染日趋严重

近年来,珠江三角洲地区的气溶胶污染日趋严重,大气透明度越来越差,表现为与人类活动及其经济发展水平密切相关,以及明显的区域特征。彩图 6

是珠江三角洲地区 2001—2004 年各季平均的 EOS/MODIS 卫星遥感气溶胶光学厚度的分布情况,可以看到珠江三角洲城市群上空的大气气溶胶污染明显比周边地区严重,550 nm 的平均气溶胶光学厚度为 0.7—1.2,较周边地区几乎大一倍;长期稳定存在气溶胶云,我们将其称为灰霾天气,而且重污染区偏于珠江口以西的珠江三角洲西侧,这与广州、佛山以及南海、番禺、顺德等地大量分散的加工业排放源和密集的区域交通网有关。从季节分布来看,雨季整层的气溶胶光学厚度明显比旱季大,这可能与雨季整层大气的湿度比较大有关,气溶胶粒子吸湿长大后,其散射系数增加,导致总消光系数增加使得整层气溶胶光学厚度增大。我们看到在 2001—2004 年的月

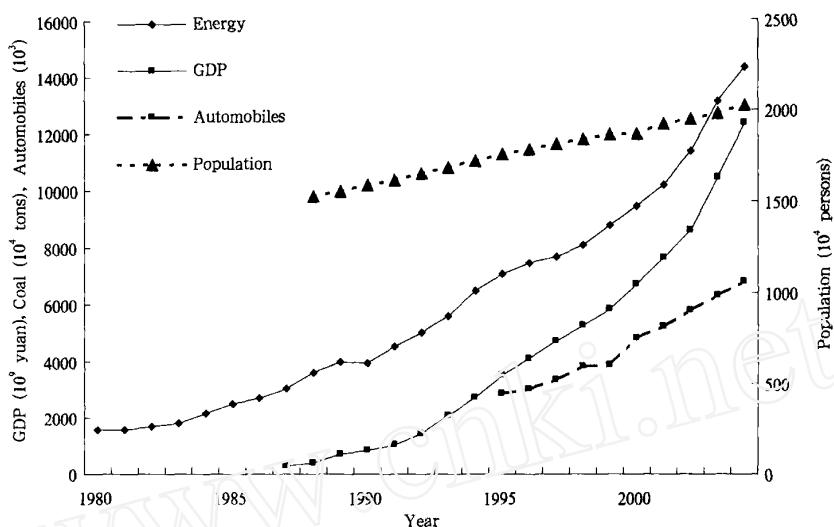


图5 珠江三角洲7市的1980—2004年能源消耗(万吨标准煤)、GDP(亿元)、人口(万人)、机动车(千辆)增长的情况

Fig. 5 The variation of energy consuming (10^4 tons coal equivalent), GDP (100 million yuan), population (10^4 persons) and automobiles (10^3) in seven cities in the Pearl River Delta (PRD) from 1980 to 2004

平均相对湿度图(图7)中,3—5月与6—8月的多年月平均相对湿度高于9—11月和12月至次年2月。但是这与近地层的水平能见度还不是一回事,表明卫星观测的光学厚度不能完全表示地面气溶胶污染状况,需要进一步开发处理。从图8可见,广州近年来灰霾天气从10月份开始增多,一直到次年4月都持续多灰霾天气。

从图8还可以看到,广州地区出现灰霾天气的天数从2001年的64 d,2002年的85 d增加到2003年的98 d,2004年达到144 d,平均不到4 d就有一天是灰霾天气,旱季比雨季的灰霾天气多,最多的月份有23 d出现灰霾天气。公众的抱怨主要针对的是恶劣的能见度,彩图9就是有无灰霾天气的照片,视觉对比非常强烈。

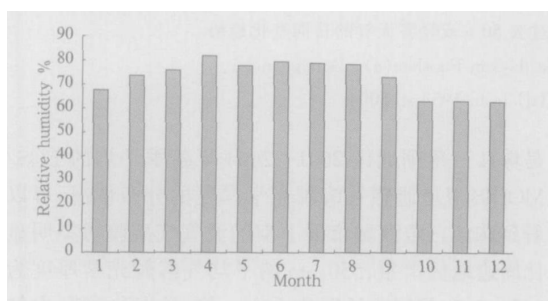


图7 2001—2004年月平均相对湿度的分布
Fig. 7 The averaged annual variation of monthly relative humidity over 2001 - 2004

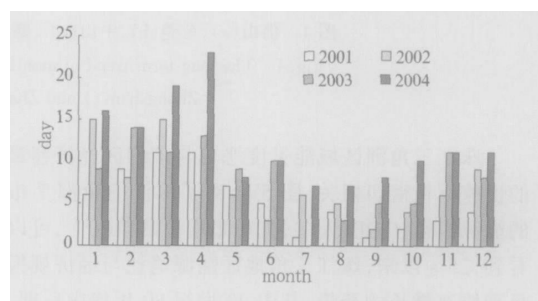


图8 广州2001年至2004年逐月出现灰霾的天数
Fig. 8 The annual variation of monthly haze days in Guangzhou for 2001 to 2004

5 气溶胶细粒子的分布特征

我们知道,能见度与粒子的散射、吸收能力和气体分子的散射、吸收能力有关,主要是与大气粒子的

散射能力密切相关,如果我们简单地将细粒子按照瑞利散射来处理,那么散射光强主要与入射光波长的4次方成反比,与粒子体积的平方成正比,而粒子体积与粒子的尺度和浓度有直接关系。如果入射光

波长确定,忽略气体和粒子化学成分的影响,影响散射光强的因子就是粒子尺度和浓度了。根据我们在华南观测的能见度较好时的气溶胶谱资料,10 μm 粒子的数量大致有 10^2 个/ m^3 , 2.5 μm 的粒子有 10^4 个/ m^3 , 1 μm 的粒子有 10^7 个/ m^3 , 0.1 μm 的粒子有 10^{11} 个/ m^3 , 巨粒子与次微米粒子数量相差 10^9 倍,因而能见度的恶化主要与细粒子关系比较大,尤其是出现较重气溶胶污染导致低能见度事件发生时,细粒子的比重会更大。

我们实际观测了 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 的质量浓度,表 1 给出了月均值,我们看到, PM_{10} 有一半月均值超过国家二级标准的日均值浓度限值 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 而 $\text{PM}_{2.5}$ 月均值全部超过美国国家标准的日均值浓度限值 ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 尤其是 10 月至次年 1 月的月均值浓度几乎超过标准限值的 1 倍, 细粒子浓度甚高。另外 $\text{PM}_{2.5}$ 占 PM_{10} 的比重非常高 (58%—77%), 尤其是旱季比雨季更高, 这就说明, 在珠江三角洲的气溶胶污染中, 主要是细粒子的污染, 这正是珠江三角地区近年来能见度迅速恶化的原因。

我们过去曾经使用美国安德森气溶胶分级采样器在华南广大地区分析过气溶胶质量浓度谱^[10-12], 虽然粗细粒子的区分是 2.1 μm , 但可以大致和表 1 的 $\text{PM}_{2.5}$ 相比较, 我们在表 2 中看到, 和 15 a 前的资料相比较, 如果仅仅比较郊区的情况, PM_{10} 从 117 增加到 147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 而细粒子从 54 增加到 94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 细粒子的增加远较 PM_{10} 的增加大得多, 15 a 来细粒子在气溶胶中的比重有明显增加。

表 1 广州番禺气溶胶浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 与细粒子所占比例
Table 1 The mass concentration of aerosols ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) and the ratio of $\text{PM}_{2.5}$ to PM_{10} in Guangzhou

时间	$\text{PM}_{2.5}$	PM_{10}	$\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$
2004.4	69.1	118.2	58.3
2004.5	79.2	115.0	67.0
2004.8	65.2	106.0	62.6
2004.9	82.5	125.2	65.7
2004.10	125.2	211.4	60.8
2004.11	99.5	164.3	61.8
2004.12	100.6	164.9	61.7
2005.1	134.2	174.0	77.9

表 2 广州多年来气溶胶粗细粒子浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 与细粒子所占比例的变化

Table 2 Mass concentrations of fine and coarse aerosol particles ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) and the ratio of fine to coarse particles in Guangzhou during the two periods in 1989 and 2004 - 2005, respectively

时间	采样点	细粒子	PM_{10}	细粒子/ PM_{10}
1989 年	郊区	54.8	117.0	46.8
2004—2005 年	郊区	94.4	147.4	64.1

6 结 论

(1) 珠江三角洲地区 1954—1978 年能见度非常好, 每年能见度小于 10 km 的灰霾天气不足 40 d, 自 20 世纪 80 年代初开始, 该地区的能见度急剧恶化, 灰霾天气显著增加, 最多一年超过 200 d (1997 年) 与珠江三角洲经济容量的增加密切相关。雾和轻雾造成的能见度的长期变化趋势, 没有由于人类活动影响或经济发展影响带来的趋势性变化, 其波动主要反映了气候波动固有的年际和年代际变化。

(2) 近年来, 珠江三角洲地区的气溶胶污染日趋严重, 大气透明度越来越差, 表现为与人类活动及其经济发展水平密切相关, 以及明显的区域特征。该地区长期稳定存在着气溶胶云, 而且高浓度区偏于珠江口以西的珠江三角洲西侧。灰霾天气主要出现在 10 月至次年 4 月。

(3) 珠江三角洲能见度的恶化主要与细粒子关系比较大, PM_{10} 有一半月均值超过国家二级标准的日均值浓度限值 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 而 $\text{PM}_{2.5}$ 月均值全部超过美国国家标准的日均值浓度限值 ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 尤其是 10 月至次年 1 月的月均值浓度几乎超过标准限值的 1 倍, 细粒子浓度甚高。另外 $\text{PM}_{2.5}$ 占 PM_{10} 的比重非常高 (58%—77%), 尤其是旱季比雨季更高。因而在珠江三角洲的气溶胶污染中, 主要是细粒子的污染。

(4) 和 15 a 前的资料相比较, 细粒子在气溶胶中的比重有明显增加。

致谢: 珠江三角洲地区 2001—2003 年各季平均的气溶胶光学厚度的 EOS/MODIS 卫星图片由香港科技大学大气与海岸研究中心 CCAR 网站提供, 感谢刘启汉教授允许我们使用, 也感谢李成才博士对图像的加工处理; 广州番禺气溶胶观测站 2004—2005 年气溶胶浓度原始资料由香港理工大学唐建辉博士观测和计算, 特此致谢。

参考文献

- [1] Penner J E, Dong X Q, Chen Y. Observational evidence of a change in radiative forcing due to the indirect aerosol effect. *Nature*, 2004, 427 (6971): 231-234
- [2] Lohmann U, Lesins G. Stronger constraints on the anthropogenic indirect aerosol effect. *Science*, 2002, 298 (5595): 1012-1015
- [3] Menon S, Hansen J, Nazarenko L, et al. Climate effects of black carbon aerosols in China and India. *Science*, 2002, 297 (5590): 2250-2253
- [4] 罗云峰, 周秀骥, 李维亮. 大气气溶胶辐射强迫及气候效应的研究现状. *地球科学进展*, 1998, 13(6): 572-581
Luo Yunfeng, Zhou Xiuj, Li Weiliang. Advances in the study of atmospheric aerosol radiative forcing and climate change. *Adv Earth Sci (in Chinese)*, 1998, 13(6): 572-581
- [5] Ramanathan V, Crutzen P J, Mitra A P, et al. The Indian Ocean experiment and the Asian brown cloud. *Current Science*, 2002, 83(8): 947-955
- [6] 吴兑. 关于霾与雾的区别和灰霾天气预警的讨论. *气象*, 2005, 31(4): 3-7
Wu Dui. A discuss on the difference between haze and fog and the warning of ash haze weather. *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 2005, 31(4): 3-7
- [7] 吴兑. 再论都市霾与雾的区别. *气象*, 2006, 32(4): 9-15
Wu Dui. More discussions on the differences between haze and fog in city (in Chinese). *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 2006, 32(4): 9-15
- [8] 李成才, 刘启汉, 毛节泰等. 利用 MODIS 卫星和激光雷达遥感资料研究香港地区的一次大气气溶胶污染. *应用气象学报*, 2004, 15(6): 641-650
Li Chengcai, Lau Kaihan, Mao Jietai, et al. An aerosol pollution episode in Hong Kong with remote sensing products of MODIS and LIDAR. *J Applied Meteor Science (in Chinese)*, 2004, 15(6): 641-650
- [9] 广东省统计局. 广东省统计年鉴(1980—2004). 北京: 中国统计出版社, 1981—2005
Statistics Bureau of Guangdong Province. *Statistics Yearbook of Guangdong Province(1980 - 2004)*. Beijing: China Statistics Press, 1981 - 2005
- [10] 吴兑, 常业谛, 毛节泰等. 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. *热带气象学报*, 1994, 10(1): 85-96
Wu Dui, Chang Yedi, Mao Jietai, et al. A primary study of the size-distribution and water soluble composition distribution of atmospheric aerosols over South China. *J Tropical Meteorology (in Chinese)*, 1994, 10(1): 85-96
- [11] 吴兑, 陈位超. 广州气溶胶质量谱与水溶性成分谱的年变化特征. *气象学报*, 1994, 52(4): 499-505
Wu Dui, Cheng Weichao. Intra-annual variation features of mass distribution and water soluble composition distribution of atmospheric aerosol over Guangzhou. *Acta Meteor Sinica (in Chinese)*, 1994, 52(4): 499-505
- [12] 吴兑, 黄浩辉, 邓雪娇. 广州黄埔工业区近地层气溶胶分级水溶性成分的物理化学特征. *气象学报*, 2001, 59(2): 213-219
Wu Dui, Huang Hao-hui, Deng Xuejiao. The physical and chemical features of water-soluble composition of graded aerosols in the surface-layer over Huangpu industrial area in Guangzhou (in Chinese). *Acta Meteor Sinica*, 2001, 59(2): 213-219

EFFECT OF ATMOSPHERIC HAZE ON THE DETERIORATION OF VISIBILITY OVER THE PEAR RIVER DELTA

Wu Dui^{1,2} Bi Xueyan¹ Deng Xuejiao¹ Li Fei¹ Tan Haopo¹ Liao Guolian² Huang Jian¹

1 Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080

*2 Department of Atmospheric Science, School of Environmental Science and
Engineer, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275*

Abstract

The studies on the effect of atmospheric aerosol on climate and environment are hot issues in the current circle of international science and technology. In recent years, the pollution of aerosols is getting worse and worse over the Pearl River Delta (PRD). The cloud of aerosol could occur all year around, with an area of heavy pollution located in the western side of the estuary of the Pearl River. The haze weather mainly occurred from October to next April, resulting in visibility deterioration. Since the beginning of the 1980s, haze weather has obviously increased and visibility dramatically deteriorated over the PRD. There were three times of big deterioration fluctuations accompanied with the development of economy, that is to say, the dust pollution period from the beginning to middle 1980s, the sulphate and dust pollution period in 1990 - 1997, and the dust, sulphate, and automobile exhaust pollution period from 2002. There was no indication that the long-term tendency of fog and light fog days is affected by human activities or economical development, and it was governed by the intrinsically inter-annual and inter-decadal variations of climate. The deterioration of visibility had close relation to the fine particles over the PRD. Half of monthly mean PM₁₀ observations exceeded the day-mean critical value of national second graded standard (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), and all of monthly mean PM_{2.5} values exceeded the day-mean critical value of American national standard (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), especially in October to next January, the monthly mean value of PM_{2.5} almost reached twice the standard value, indicating that the fine particle concentration was very high. The ratio of PM_{2.5} to PM₁₀ was also very high, and it could reach 58 - 77%, in particular in dry seasons. Therefore, the fine particle pollution dominates the present aerosol pollution over the PRD. In comparison with the data observed 15 years ago, the ratio of fine particles has obviously increased.

Key words: Pearl River Delta, Aerosol cloud, Brownish haze, Visibility deterioration.

吴兑等：珠江三角洲大气灰霾导致能见度下降问题研究

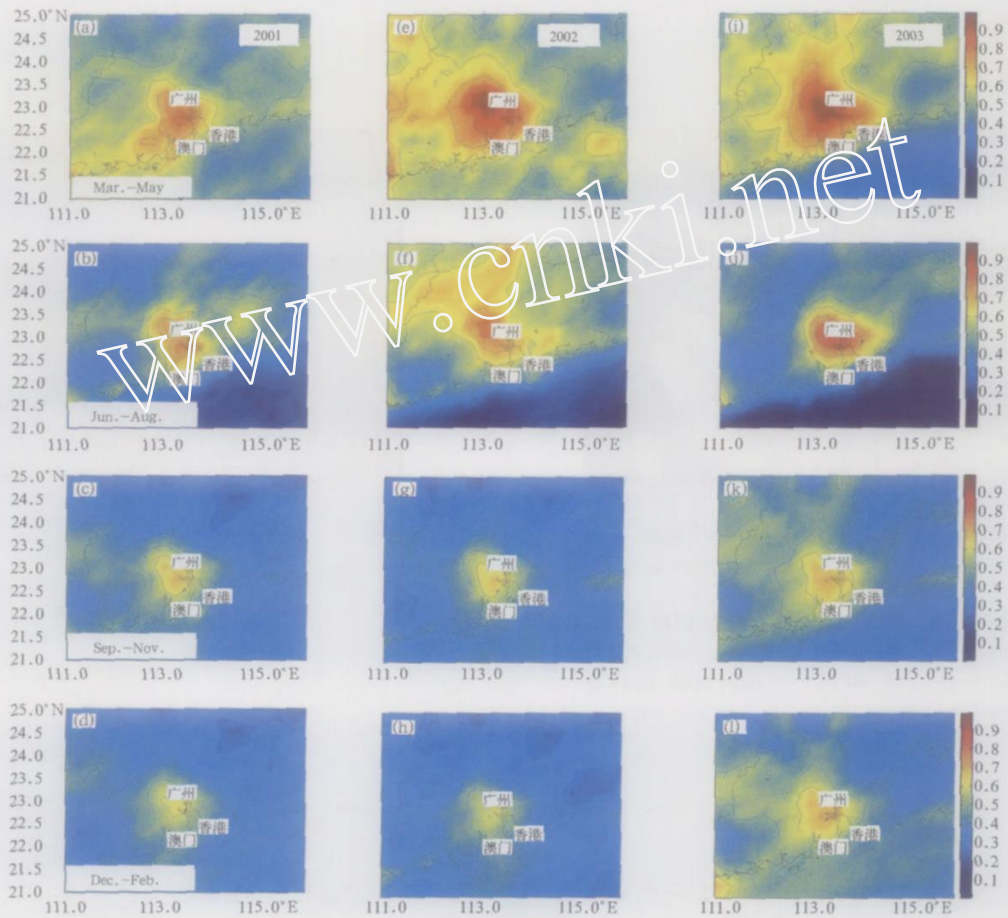


图6 珠江三角洲地区2001-2003年各季平均的气溶胶光学厚度的EOS/MODIS卫星图片
Fig.6 The satellite (EOS/MODIS) measurement of the seasonally averaged optical depth of aerosols over the PRD from 2001 to 2003



图9 2004年11月28日下午与12月17日下午广州的照片(远景是白云山)
Fig.9 Photographs taken in Guangzhou under different visibility on 28 November (left panel) and on 17 December (right panel) in 2004