

文章编号: 1004-4965(2010)06-0807-06

浙江城市区域灰霾天气的长期变化

牛彥文¹, 顾骏强¹, 浦静姣¹, 李文娟², 吴金生³

(1. 浙江省气象科学研究所, 浙江 杭州 310017; 2. 浙江省气象台, 浙江 杭州 310017;
3. 浙江省气象信息中心, 浙江 杭州 310017)

摘 要: 大气气溶胶污染引起的灰霾天气已成为中国许多城市面临的重要环境问题, 了解灰霾天气发生的时空变化特征对于控制气溶胶污染具有重要意义。对浙江省 11 个城市的灰霾历史数据进行分析, 揭示 1950 年代以来, 浙江城市地区灰霾天气发生特征。结果表明, 1951—1953 年期间和改革开放后的 30 年是浙江省灰霾天气出现比较频繁的时期, 尤其 2000 年以后是灰霾天气出现最多的时期; 1957 年到改革开放初期是灰霾天气出现最少的时期。1950 年代初期, 杭州、温州、衢州是出现灰霾天气最多的地区, 改革开放后的 1978—1999 年期间, 随着市场经济和民营经济在浙江的快速发展, 湖州、杭州、舟山、金华、温州、衢州等地区灰霾天气出现频率都很高; 2000 年之后, 浙江省各地区灰霾天数都在迅速增加, 尤为突出的是湖州、绍兴、杭州、嘉兴等浙北城市, 这几个地区在 2000—2007 年之间的灰霾天数比 2000 年之前几十年总的灰霾天数还要多, 说明近几年浙江省尤其是浙北地区大气环境污染非常令人担忧, 控制大气气溶胶污染, 改善空气质量, 提高大气能见度已是迫在眉睫。

关 键 词: 大气环境学; 时空变化特征; 历史数据统计; 灰霾天气; 浙江

中图分类号: X16

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1004-4965.2010.06.022

1 引 言

随着我国经济的快速发展, 大气颗粒物已成为我国城市的首要污染物, 大气气溶胶污染的直接表现为大气能见度下降, 灰霾天气频繁出现^[1-2], 对人们的身体健康、交通以及气候等带来严重影响。灰霾主要由人类活动引起, 是一种气溶胶污染导致大气边界层乃至对流层低层整体的大气浑浊现象。灰霾天气的出现与风速、近地层流场等具有密切关系^[3], 灰霾的出现不仅使能见度降低, 还会使空气质量下降^[4-5]。空气中气溶胶的大部分均可被人体呼吸道吸入, 尤其是亚微米粒子会分别沉积于上、下呼吸道和肺泡中, 从而引起鼻炎、支气管炎等病症, 可见灰霾对大气能见度和人体健康具有严重影响^[6]。为了控制和预防灰霾天气给人们生产和生活带

来的危害, 吴兑等^[7-11]对珠江三角洲地区的灰霾天气进行过大量研究, 并逐步在珠三角地区开展灰霾的预测预报工作。

浙江省作为我国经济快速发展地区, 由大气气溶胶污染导致频繁出现的灰霾天气给人们的生活带来了很大危害, 本研究对浙江省主要城市地区的灰霾历史数据进行统计分析, 揭示 1950 年代以来, 浙江省城市地区灰霾天气的长期变化特征, 结合不同时期的社会经济政策, 探讨影响浙江省灰霾天气发生的社会经济因素, 同时为改善浙江省空气质量, 减少灰霾天气发生提供科学参考依据。

2 资料来源及数据处理

选取浙江省 11 个主要城市的气象观测站灰霾天气观测数据来分析浙江城市地区灰霾天气的历史

收稿日期: 2009-06-19; 修订日期: 2010-02-28

资助项目: 浙江省气象局技术开发与推广应用项目(2008TG06); 国家重点基础研究发展规划(973)子课题“气溶胶释放、转化、输送及区域灰霾形成变化机制(2006CB403703)”子专题“华东地区大气气溶胶物理化学特性研究”; 浙江省气象科学研究所开放专项基金项目(kf2007004)共同资助

通讯作者: 牛彥文, 内蒙古自治区人, 男, 工程师, 硕士, 主要从事大气气溶胶和降水化学研究。E-mail: niuyuwen@yahoo.com.cn

演变, 在一个气象观测日中, 当能见度小于 10 km, 相对湿度低于 90% 时, 记录为一个灰霾日。11 个气象观测站的基本信息如表 1 所示。本文中灰霾日数是一年中出现灰霾天气的日数的总和, 季节和月均灰霾日数是每个气象观测站所有的灰霾历史观测数据中每年相同季节和相同月份的灰霾日数的算术平均值。

表 1 11 个气象观测站及灰霾数据时段

观测站站号	代表城市	数据时段/年份
58450	湖州	1957—2007
58452	嘉兴	1953—2007
58453	绍兴	1960—2007
58457	杭州	1951—2007
58477	舟山	1955—2007
58549	金华	1953—2007

58633	衢州	1951—2007
58646	丽水	1953—2007
58659	温州	1951—2007
58660	台州	1962—2007
58562	宁波	1953—2007

注: 台州、宁波灰霾资料选取位于该城市的临海和鄞州气象观测站资料。

3 浙江省历史灰霾天气发生的年变化特征

灰霾的本质是由大气气溶胶污染造成的能见度下降, 大气颗粒物特别是细粒子是导致大气能见度下降的主要因素^[1-2, 12-13]。大气颗粒物中的硫酸盐以及一些有机颗粒可以散射太阳光^[14], 一些元素碳可以吸收太阳光^[15], 正是大气颗粒物的这种消光作用, 导致大气能见度降低, 灰蒙蒙的天空表示灰霾天气出现, 同时大气细粒子污染也会引起污染雾天气出现^[16], 导致大气能见度降低。灰霾是一种天气现象, 由气象部门观测记录, 而大气颗粒物是一个科学指标, 我国气象部门与研究机构在 1950 年代开始观测, 环保部门自 1970 年代末 1980 年代初逐步开始开展 TSP 观测, 1990 年代开始开展 PM₁₀ 观测。浙江省气象站的灰霾观测记录比较早, 很多站点从 1950 年代初就有灰霾记录分析灰霾历史数据, 一方面可以了解过去几十年浙江省灰霾发生的历史演变并探讨影响其发生的一些社会、经济方面的因素, 另一方面, 根据灰霾的发生演变情况, 也可以反映出江省大气气溶胶的污染状况。图 1(见下页)是浙江

省 11 个主要城市的年灰霾天数变化曲线, 可以看出年灰霾天数变化可划分为 5 个阶段。

第 1 阶段是解放初期的 1951—1953 年, 出现灰霾天气的天数很多, 其中温州在 1951 年和 1953 年灰霾天数分别达到 144 d 和 154 d, 即全年有超过 1/3 的天气有灰霾出现, 衢州和杭州在 1952 年灰霾发生日数分别为 135 d 和 121 d, 也占到全年的 1/3 左右, 这主要可能与新中国成立初期, 战争刚刚结束, 前期的战火和后期的战场清扫等都会导致大气中颗粒物增加, 造成大气气溶胶污染, 能见度下降, 灰霾天数较多。

第 2 阶段是 1954—1956 年, 是灰霾天数迅速下降时期, 到 1956 年, 灰霾天数已经很少了, 灰霾发生天数最多的杭州也仅为 13 d, 其他城市灰霾发生天数均在 10 d 以下。由于战争逐渐远去, 国家逐渐趋于安定, 战火造成的空气污染减轻, 所以灰霾天数下降。

第 3 阶段为 1957 年到改革开放初期的 1970 年代末 1980 年代初, 这段时期是 1950 年代以来浙江各个城市地区灰霾天数最少的。这与当时我国处于计划经济时代, 经济发展相对缓慢, 机动车数量很少, 人口相对较少, 能源消耗较低, 引起环境空气污染的因素很少, 大气能见度较好, 灰霾天气也很少出现。

第 4 阶段为 1970 年代末到 2000 年左右, 各城市灰霾天数开始不断增多, 但增长速度相对平缓。这段时期正是我国实行改革开放政策后, 浙江省民营企业不断涌现, 经济发展速度逐步加快, 环境污染日益加重, 灰霾天气日益增多。

第 5 阶段是 2000—2007 年, 这段时期也是浙江城市地区灰霾天数迅速增加的时期, 短短几年一些地区的灰霾天数超过了之前几十年的灰霾总天数。表明随着我国改革开放政策的不断深化, 高能耗和高污染企业的扩大, 快速城市化和机动车数量急剧增加等因素导致空气污染在不断加剧。

4 浙江省历史灰霾天气发生的季节变化和月变化特征

图 2 是浙江省 11 个城市历史灰霾天数的季节变化, 由图可看出, 冬季是灰霾天数最多的季节, 从 1950 年代有灰霾记录以来, 冬季各地级市灰霾平均发生日数在 0.5~6.4 d 之间。夏季是灰霾天气出现

最少的季节, 各市平均灰霾天数在 0 ~ 1.5 d 之间, 不到冬季的 1/4, 春秋季节灰霾天数介于冬季和夏季之间。灰霾天气的这种季节变化特点和大气污染的季节变化特点一致, 冬季大气污染物扩散条件较差, 混合层高度较低, 降水量较少, 污染物容易累积, 容易出现灰霾天气, 而夏季大气污染物扩散条件较好, 混合层高度升高, 降水量大, 大气污染物

稀释扩散作用增强, 大气能见度较好, 灰霾天气出现的几率降低, 而秋季和春季的气象条件正好处于夏冬季和冬夏季的转换时期, 对大气污染物的扩散能力相当, 所以春季和秋季的大气污染状况以及灰霾天气发生情况接近。这也从天气现象方面反映出浙江各城市地区大气气溶胶污染的多年平均状况是冬季最严重, 夏季最轻, 春秋季节介于冬夏之间。

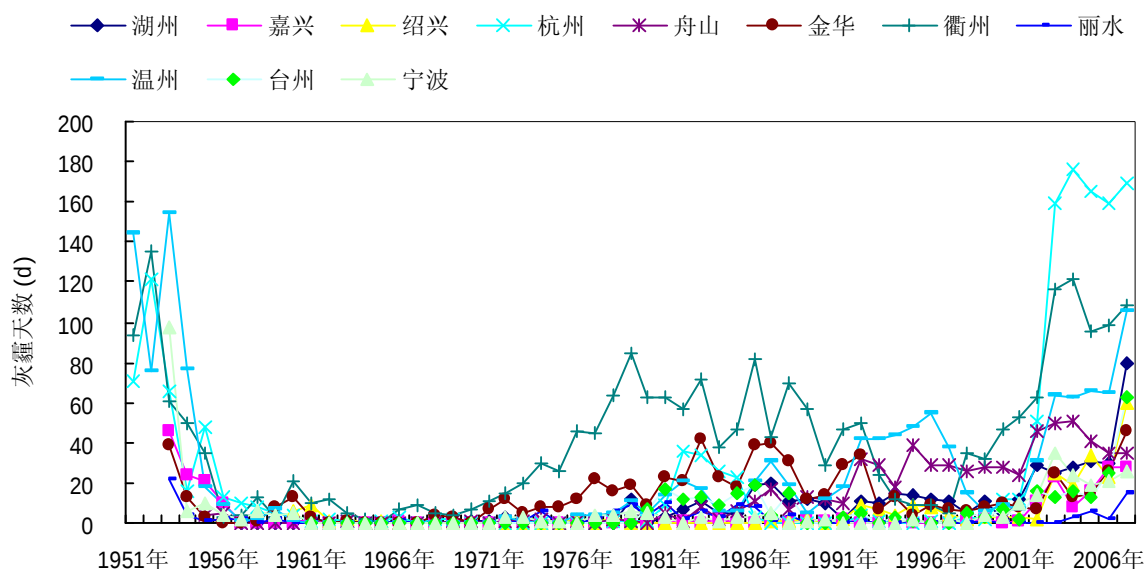


图 1 浙江 11 个地级城市年灰霾发生天数变化曲线

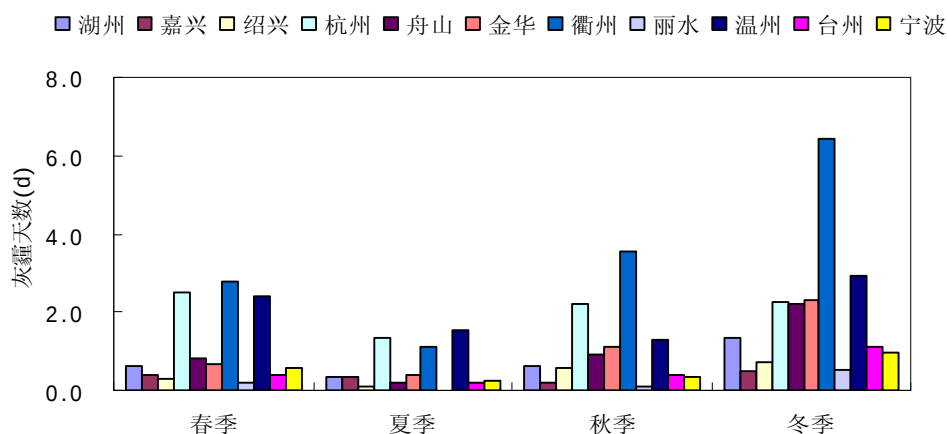


图 2 灰霾发生日数的季节变化

图 3(见下页)是对浙江 11 个城市每月的灰霾历史资料进行多年平均后所得到的月平均灰霾变化曲线, 可以看出, 各城市都是在 12 月和 1 月灰霾天数最多, 12 月和 1 月各城市多年平均月灰霾天数分别在 0.7 ~ 9.1 d 和 0.5 ~ 6.1 d 之间, 反映出 12 月和 1 月是浙江城市地区大气颗粒物平均污染状况最严重的月份; 7 月是灰霾天数较少的月份, 多年平均在

0 ~ 2.0 d 之间, 反映出 7 月大气能见度最好, 大气气溶胶污染最轻。发生灰霾天气的这种季节特点与气团来源具有重要关系^[17], 在冬季, 影响浙江省的主要气团来自大气污染较重的北方地区, 而夏季浙江地区主要受来自东南或西南比较清洁的海洋气团影响。

5 浙江省各城市不同时期灰霾天气发生特征

灰霾发生天数的空间变化可以反映出浙江省不同地区大气气溶胶污染的空间差异,图4是有灰霾记录以来浙江11个主要城市的总灰霾天数和年均灰霾天数,统计数据时段见表1。可以看出衢州是11个城市中总灰霾天数和年均灰霾天数最多的地

区,1951—2007年总共有2369d灰霾记录,年均灰霾天数为42d;其次是杭州和温州,总灰霾天数分别为1422d和1392d,年均灰霾日数分别为25d和24d,是除衢州外,灰霾记录最多的地区;灰霾天气出现最少的地区是丽水,总灰霾天气仅为134d,年均灰霾天数仅为2d,是新中国成立以来浙江省11个地区中灰霾天气出现最少的地区;其余地区总灰霾天数在231~736d之间,年平均灰霾天数在4~13d之间。

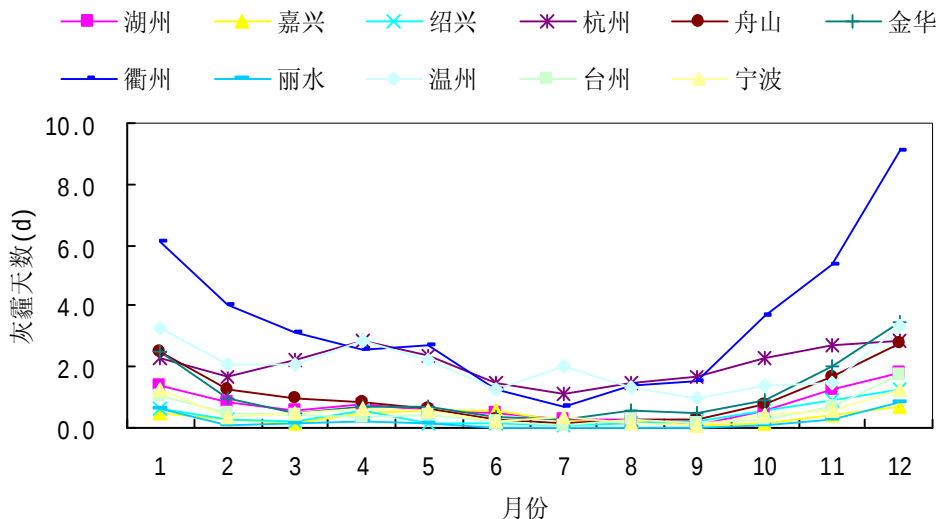


图3 灰霾天气发生日数的月变化

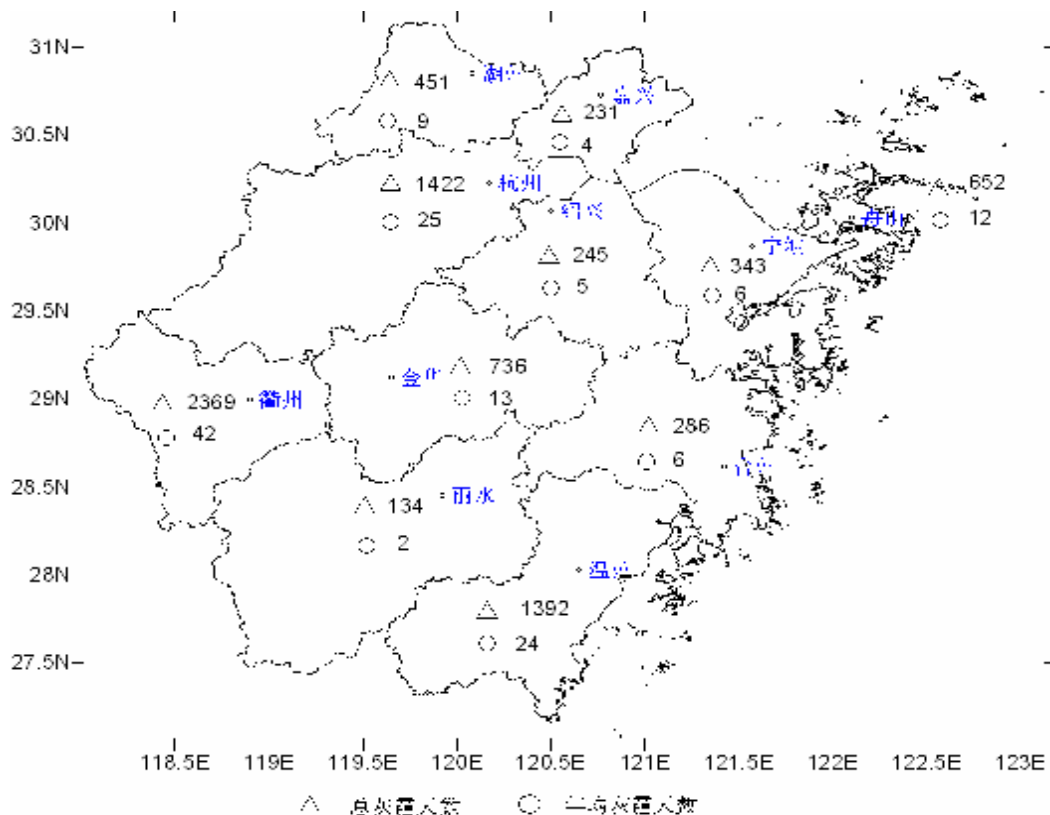


图4 有灰霾记录以来浙江11个地级城市灰霾发生总天数和年均灰霾天数

1951—1953 年有灰霾记录的地区中,杭州、衢州、温州是灰霾污染最严重的地区,平均一年中有 1/3 的灰霾天气,嘉兴、金华、丽水、宁波灰霾天气较少;1954—1956 年期间,有灰霾记录的地区中,温州是灰霾天气出现较多的地区,但比 1951—1953 年期间有明显的下降,其他地区灰霾天气都很少;1957—1977 年的 20 年期间,各地灰霾天气都非常少,这期间灰霾总天数最多的衢州地区年均灰霾天数也仅十几天,反映出这段时间是新中国成立以来浙江省大气气溶胶污染最轻,大气能见度最好的时期;1978—1999 年期间,湖州、杭州、舟山、金华、温州、衢州等地区的灰霾污染较重,除衢州外,其他地区的经济快速发展,人为活动对大气环境造成的污染是灰霾天气出现的主要原因,而衢州地区经

济发展相对较慢,但其在整个有灰霾记录的历史时期灰霾天数均较多,可能与其多山等特殊地形有关,多山地地形容易形成山谷风等局地环流,使得大气污染物的大范围扩散条件变差,污染物容易在局部发生累积,导致大气能见度下降,灰霾天气频繁发生;2000 年以来,浙江省各地区灰霾天数都在迅速增加,尤为突出的是湖州、绍兴、杭州、嘉兴等浙北城市,这几个地区在 2000—2007 年之间的灰霾天数甚至比 2000 年之前几十年的灰霾天数还要多(表 2),说明近几年浙江省尤其是浙北地区大气环境污染是非常令人担忧的,控制大气气溶胶污染,改善空气质量,提高大气能见度已成为浙江省迫在眉睫的事情。

表 2 11 个地区在不同历史阶段灰霾天数统计(d)

时段/年份	湖州	嘉兴	绍兴	杭州	舟山	金华	衢州	丽水	温州	台州	宁波
1951—1953		46		258		39	290	22	374		98
1954—1956		55		77	9	16	88	7	104		20
1957—1977	8	3	21	39	8	107	295	14	23	0	29
1978—1999	206	12	55	145	325	424	993	65	481	131	44
2000—2007	237	115	169	903	310	150	703	26	410	155	152

6 小 结

(1) 建国初期的 1951—1953 年和改革开放以来的 30 年是浙江省灰霾天气出现比较多的时期,尤其是 2000 年以后的几年是浙江省灰霾天气出现最多的时期,而 1957 年到改革开放初期的 1970 年代末 1980 年代初是浙江各地区灰霾天气最少,空气质量最好的时期。

(2) 从灰霾天气出现的空间分布来看,衢州是 11 个地区中总灰霾天数和年均灰霾天数最多的地区,其次是杭州和温州,1950 年代初期,杭州、衢

州、温州是出现灰霾天气最多的地区,改革开放后的 1978—1999 年期间,随着市场经济和民营企业在浙江的快速发展,湖州、杭州、舟山、金华、温州、衢州等地区灰霾天气出现的频率都很高。

(3) 2000 年之后,浙江省各地区灰霾天数都在迅速增加,尤为突出的是湖州、绍兴、杭州、嘉兴等浙北城市,这几个地区在 2000—2007 年的灰霾天数比 2000 年之前几十年的灰霾天数还要多,说明近几年浙江省尤其是浙北地区大气环境污染是非常令人担忧的,控制大气气溶胶污染,改善空气质量,提高大气能见度已成为浙江省迫在眉睫的事情。

参 考 文 献:

- [1] 吴兑,邓雪娇,毕雪岩,等. 细粒子污染形成灰霾天气导致广州地区能见度下降[J]. 热带气象学报, 2007, 23(1): 1-6.
- [2] 胡荣章,刘红年,张美根,等. 南京地区大气灰霾的数值模拟[J]. 环境科学学报, 29(4): 808-814.
- [3] 吴兑,廖国莲,邓雪娇,等. 珠江三角洲灰霾天气的近地层输送条件研究[J]. 应用气象学报, 2008, 19(1): 1-9.
- [4] 范引琪,李春强. 1980—2003 年京、津、冀地区大能见度变化趋势研究[J]. 高原气象, 2008, 27(6): 1392-1400.
- [5] 范引琪,李二杰,范增禄. 河北省 1960-2002 年城市大气能见度的变化趋势[J]. 大气科学, 2005, 29(4): 526-545.
- [6] 王佳,韩见弘,黄蕊. 浅析灰霾的形成及危害[J]. 内蒙古科技与经济, 2007, 147(17): 37-38.

- [7] 刘爱君, 杜尧东, 王惠英. 广州灰霾天气的气候特征分析[J]. 气象, 2004, 30(12): 68-71.
- [8] 陈训来, 冯业荣, 王安宇, 等. 珠江三角洲城市群灰霾天气主要污染物的数值研究[J]. 中山大学学报, 2007, 46(4): 103-107.
- [9] 吴兑. 霾与雾的识别和资料分析处理[J]. 环境化学, 2008, 27(3): 327-330.
- [10] 吴兑. 大城市区域霾与雾的区别和灰霾天气预警信号发布[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(9): 1-7.
- [11] 吴兑, 毕雪岩, 邓雪娇, 等. 珠江三角洲大气灰霾导致能见度下降问题研究[J]. 气象学报, 2006, 64(4): 510-517.
- [12] 宋宇, 唐孝炎, 张远航, 等. 北京市大气能见度规律及下降原因[J]. 环境科学研究, 2003, 16(2): 10-12.
- [13] CHAN Y C, SIMPSON R W, MCTAINSH G H, et al. Source apportionment of PM_{2.5} and PM₁₀ aerosol in Brisbane (Australia) by receptor modeling[J]. Atmospheric Environment, 1999, 33(19): 3 251-3 268.
- [14] PASTUSZK J S, WAWROS A, TALIK E, et al. Optical and chemical characteristics of the atmospheric aerosol in four towns in southern Poland[J]. The Science of the Total Environment, 2003, 309: 237-251.
- [15] 张泽. 大气总悬浮颗粒物中有机碳的测定[J]. 中国环境监测, 1996, 12(4): 12-18.
- [16] 吴兑, 李菲, 邓雪娇, 等. 广州地区春季污染雾的化学特征分析[J]. 热带气象学报, 2008, 24(2): 195-199.
- [17] 赵恒, 王体健, 江飞, 等. 利用后向轨迹模式研究 TRACE-P 期间香港大气污染物的来源[J]. 热带气象学报, 2007, 23(1): 1-6.

THE LONG-TERM VARIATION OF HAZE WEATHER IN URBAN AREAS OF ZHEJIANG

NIU Yu-wen¹, GU Jun-qiang¹, PU Jing-jiao¹, LI Wen-juan², WU Jin-sheng³

(1. Zhejiang Meteorological Institute, Hangzhou 310017, China;

2. Zhejiang Meteorological Observatory, Hangzhou 310017, China;

3. Zhejiang Meteorological Information Center, Hangzhou 310017, China)

Abstract: Haze weather caused by particulate pollution has become an important environmental problem in many cities in China. The deep understanding of temporal and spatial variation of the haze weather is of great significance for reducing haze weather. In order to investigate the temporal and spatial variation of haze weather in urban areas in Zhejiang Province since the 1950's, the historical data of haze from 11 urban meteorological watching stations were analyzed in this study. The results showed that haze pollution was very serious during periods of 1951—1953 and 30 years since the establishment of the Reform and Opening Up policy in China, furthermore the occurrence frequency of haze weather after 2000 was highest. The haze days during period of 1957 to the late 1970's were the least since the 1950's. In the early 1950's, haze pollution was serious in Hangzhou, Wenzhou and Quzhou areas. With rapid development of the market economy and private economy during the period of 1978 to 1999, there was more haze weather in Huzhou, Hangzhou, Zhoushan, Jinhua, Wenzhou and Quzhou; From the beginning of 2000, haze days were sharply increasing in urban areas of Zhejiang and was particularly obvious in Huzhou, Shaoxing, Hangzhou, Jiaxing of northern Zhejiang where the haze days were more than total haze days during period of the decades before 2000, which implies the worrying atmospheric pollution in Zhejiang Province, especially in northern Zhejiang, in recent years. So, controlling atmospheric particulate matter pollution, improving air quality and improving the atmospheric visibility has become very urgent in Zhejiang Province.

Key words: Atmospheric environmental science; feature of temporal and spatial variation; analysis of historical data; haze weather; Zhejiang province