

潍坊市近 10 年空气质量与气象条件的关系

山义昌¹ 徐太安¹ 王善芳¹ 徐文正¹ 曲廉峰²

(1. 山东省潍坊市气象局, 261011; 2. 山东省潍坊市环境监测中心站)

提 要

运用潍坊市环境监测中心站 1993~2002 年的潍坊市空气质量逐日监测资料与潍坊市气象局气象观测资料,分析了 10 年间潍坊市空气质量的时空特征、变化趋势及与气象条件的关系。结果表明,在影响潍坊市空气质量的主要三种污染物——二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)和总悬浮颗粒(TSP)中总悬浮颗粒是首要污染物;三种污染物随季节的分布规律是:冬半年(11~4 月)偏多,夏半年(5~10 月)偏少;三种污染物的变化趋势是随年代减少,年减少率 SO₂ 为 0.0054mg·m⁻³,NO_x 为 0.0016mg·m⁻³,TSP 为 0.0062mg·m⁻³。按国家标准分级,空气质量 3 级以上(API >100)的日数占 33.5%,年递减率为 5.96 天。针对市区空气质量特征又重点分析了混合层高度、雾与其它天气现象(烟尘、浮尘、扬沙)与空气污染的关系。

关键词: 空气质量 时空特征 气象条件

引 言

现代化的工业生产、繁忙的交通运输以及种类繁多的生活消耗品把大量的不同种类的污染物质排放到大气中,对公众健康尤其是处于人口空前集聚、工业交通发达的城市居民造成巨大的威胁和严重的危害。欧盟正在实施的第六个环境行动计划中的重要思想是:人们需要碧水蓝天为伴,更需要先进的环保理念。我国将可持续发展列为国家战略。全面建设小康社会,目标是人与环境协调发展。因此,与人们生活和健康息息相关的空气质量问题越来越引起各级政府和广大市民的重视,城市空气污染问题逐渐成为大气工作者的重要研究课题。

潍坊市位于山东半岛西部,城区面积约 120km²,人口 70.3 万。20 世纪 50 年代以

前,潍坊市空气中的污染物主要是由于燃煤而产生的烟尘和二氧化硫,而且含量甚微,对人类和环境无多大影响。20 世纪 50 年代后,由于化学工业的崛起和石油燃料的生产和消费,使空气中的污染物除燃煤、燃油排入空气中的硫氧化物(SO₂)大量增加外,还有化工企业、建筑材料企业和交通车辆排放的大量氮氧化物(NO_x)及悬浮在空气中半径小于 100μm 的微小颗粒(TSP),同时卤化物、碳氢化合物、氧化剂和放射性物质也有所增加。从 2000 年开始由于市民环保意识的提高,政府对城市规划和环保措施的加强,空气质量有较大的改变。分析目前影响潍坊市空气质量的主要三种物质:二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)和空气中总悬浮颗粒物(TSP)。研究它们的时空分布特征及与气象

条件的关系,以期探索城市市区环境保护的规律,为提高市民的生活和健康服务。

1 监测资料与分析方法

潍坊市环保局环境监测中心站在潍坊市区内共建立了3个国家统一标准的大气监测点,它们是市机械工业局(海拔高度27m)、市油泵油嘴厂(海拔高度28m)和市气象局(海拔高度32m),位置分别为市中心、市北方、市西南方(图略)。本文选用资料系三测点连续监测资料,从1993年1月至2002年12月共3652个监测日。由于三测点高度相近,间距不远,所测资料,两两进行相关分析,相关系数 $R > 0.90$ 以上,故分析时所用数据系三测点的平均值。在分析时,(1)季节特征系春(3~5月)夏(6~8月)秋(9~11月)冬(12~2月)的平均值;(2)由于监测项目的限制,只对 SO_2 、 NO_x 、TSP作分析;(3)在分析年、季的变化趋势时,采用最小二乘法;(4)气象条件分析用潍坊市气象局同期的气象观测资料。

2 潍坊市空气质量的年、季特征

2.1 近10年空气质量状况

根据国家环境监测总站关于城市空气质量日报技术规定,空气污染指数(Air Pollution Index,简称API)是根据空气环境质量标准各项污染物的生态环境效应及其对人体健康的影响程度将常规监测的几种空气污染物浓度简化为单一的概念性指数值。空气质量分级标准为:(1)空气污染指数API在50以下的为一级标准;(2)API在51~100之间为二级标准;(3)API在101~200之间的为三级标准;(4)API>200为四级以上标准。

根据以上分级标准,统计潍坊市1993~2002年各级空气污染指数出现日数(表略),结果表明:

(1)决定污染指数等级的污染物是TSP,它是潍坊市首要污染物,其次是 SO_2 和 NO_x 。

(2)空气质量达一级标准($API \leq 50$,空气质量优等)的日数为595天,占总数的16.3%;空气质量达二级标准($50 < API \leq 100$,空气质量良好)的日数为1835天,占总数的50.2%,就是说适宜和比较适宜人类活动的时间占总时间的66.5%。

(3)空气质量达 3_1 标准($101 < API \leq 150$,轻微污染)的日数为926天,占总日数的25.4%;空气质量达 3_2 标准($151 < API \leq 200$,轻度污染)的日数为218天,占总日数的6.0%。

(4)空气质量达四级以上标准($API > 200$,中度污染)的日数为78天,占总日数的2.1%。

可以看出,空气质量不利于人们生活、工作,甚至能诱发某种疾病的时间约占1/3。

2.2 污染指数年变化趋势

20世纪90年代,是国民经济飞速发展的重要时期之一,潍坊大批新企业(诸如电力企业、化工企业、建筑材料企业、纺织企业等)的崛起,使污染源增加,空气质量下降。1999年市政府狠抓了城市环保问题,采取了很多有力措施,使市区空气质量呈现跨越式提高。图1是1993~2002年空气质量等级3级以上的日数变化。

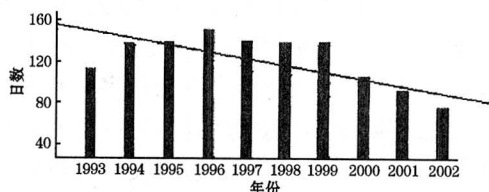


图1 空气质量3级以上的日数及变化趋势

从潍坊市近10年空气质量 ≥ 3 级的日数变化(图1)可以看出:

(1)空气质量3级以上的日数总变化曲线是呈下降趋势,倾向方程为 $y = 154.6 - 5.96x$,平均每年减少5.96天。

(2)1993~1997年污染日数呈上升趋势,直到1999年,污染日数仍居高不下,说明

随着城市的扩展、工业规模的扩大、居住人口的增多,空气质量状况不佳。

(3)2000年有一明显的转折,污染日数明显下降,空气质量显著提高。据分析,主要由以下工作促成,一是重点污染源(如发电厂、水泥厂、化工厂、纺织厂等)增设和完善了排气净化设备;二是清除了市内大部分燃煤锅炉;三是居民生活燃料普遍采用液化气。

2.3 三种污染物的年分布及变化趋势

图2(a, b, c)是影响潍坊市空气质量的主要污染物 SO_2 、 NO_x 、TSP 的浓度年分布及变化趋势。

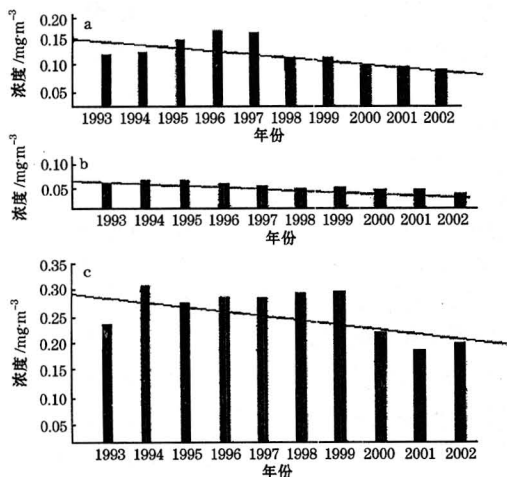


图2 SO_2 (a)、 NO_x (b)和 TSP (c)浓度年变化及趋势
从图中可以看出:

(1)空气中总悬浮颗粒(TSP)的含量浓度最大,在所有污染物中它的贡献率达80%。其10年的变化可分为两个阶段:1994~1999年,它在空气中的浓度维持在 $0.30\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 左右,从2000年有一明显转折点,降至 $0.25\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 左右。10年总变化趋势是下降,倾向方程为 $y_1 = 0.2997 - 0.0062x$ 。

(2)二氧化硫(SO_2)是在潍坊市区内占第二位的污染物。10年中,1996年、1997年浓度最高,达 $0.18\sim 0.20\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,从1998年开始呈下降趋势,平均年下降率为

$0.0054\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 10年间变化趋势为: $y_2 = 0.1447 - 0.0054x$ 。

(3)氮氧化物(NO_x)10年中没有明显变化,其在市区空气污染中不占主要位置,10年间约在 $0.03\sim 0.05\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 的范围内波动,平均每年下降 $0.0016\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,但在空气中的状态极不稳定,化学反应较活跃,易产生二次污染。该污染物的来源一是人类生产活动,如燃煤、燃油、燃气产生的气体及汽车尾气;另一主要来源是自然界的雷电活动,这是10年来 NO_x 变化不明显的主要原因。

2.4 季节特征

潍坊地处中纬度西风带,气候有着明显的季节特征,空气质量随着气候、季节的变化也呈现明显的不同。图3是三种主要污染物二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)和空气中总悬浮颗粒(TSP)浓度随季节的变化特征。

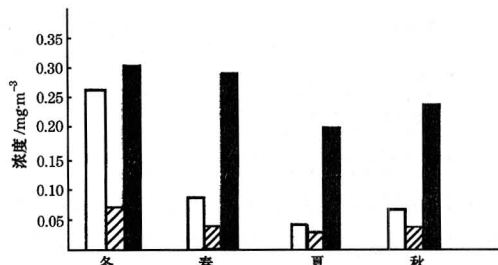


图3 三种污染物浓度随季节变化
(1993~2002年平均)
(□: SO_2 ▨: NO_x ■: TSP)

从图中可以看出三种主要污染物在空气中的浓度随季节变化有如下特点:

(1)二氧化硫(SO_2)的浓度随季节的波动最大,春季其在空气中的含量为 $0.252\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,高出其它3个季的4~6倍,而夏季最低,含量仅为 $0.042\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(2)氮氧化物(NO_x)的浓度随季节的变化不明显,一年四季都保持较低值,在API污染指数分级的标准内,它都属于次要污染物,一年四季中冬季浓度稍大,为 $0.0065\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,夏季浓度最小,为 $0.0032\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(3) 总悬浮颗粒(TSP)的浓度随季节的变化不大,一年四季呈高值状态。冬季和春季在空气中的含量分别为 $0.301\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $0.297\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,略高于夏季的 $0.203\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 和秋季的 $0.251\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(4)从四季空气质量总体分析来看,冬季空气质量最差,三种污染物浓度都呈现为最高值,大约为 $0.618\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,夏季空气质量较其它三季为最好,污染物浓度总值大约为 $0.277\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

3 气象条件与主要污染物浓度的分布

一般来讲,影响空气质量的优劣主要决定于人为因素和自然因素。在人为因素中主要表现为污染物的数量、种类、分布和污染物的排放、时间和强度;在自然因素中主要表现

为气象条件如混合层的高度、重要天气现象等对污染物的扩展、分布的影响。

大气现象理论研究和实践表明^[1],在不同的气象条件下,同一污染源排放所造成的空气污染物浓度可相差几个量级,这是由于大气对污染物的稀释、扩散能力随气象条件的不同而改变。

3.1 混合层的高度

混合层是大气低层中污染物受湍流影响而能充分分布的气层,它随太阳辐射强度、风速、湍流强度、地表性质等的改变而改变。用地面观测的记录可粗略地估计混合层的高度^[2]。表1是潍坊市近10年混合层月平均高度与三种污染物的月平均分布。

表1 混合层高度与三种污染物月分布

时间/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
混合层高度/m	656	778	811	849	861	938	1051	1038	981	872	770	716
SO ₂ /mg·m ⁻³	0.283	0.210	0.125	0.072	0.058	0.046	0.037	0.043	0.056	0.070	0.129	0.232
NO _x /mg·m ⁻³	0.066	0.055	0.047	0.039	0.034	0.031	0.031	0.035	0.041	0.047	0.058	0.074
TSP/mg·m ⁻³	0.322	0.269	0.306	0.318	0.268	0.217	0.194	0.183	0.218	0.254	0.281	0.327

分析表2可知:

(1)潍坊大气低层中混合层高度平均为780m,夏半年高于冬半年,与潍坊市空气质量等级的变化规律相一致。(2)混合层高度与三种污染物在空气中的浓度呈明显反相关, $|R| > 0.85$ ($\alpha = 0.01$),可见混合层越高,越有利于污染物水平和垂直输送,大气中的污染物容易被稀释和冲淡。

3.2 雾对城市环境的影响

浓雾不仅影响交通运输,而且使大气质量严重恶化,潍坊近10年出现了150个浓雾日(水平能见度 $< 1000\text{m}$),平均每年15个,有30%的雾日出现了大气环境质量中度($API > 200$)以上的污染。雾的形成和雾层内部的结构对空气污染状况产生的主要影响是:(1)部分污染物颗粒例如TSP,可成为凝结核,水汽在其表面凝结成雾滴,使其长时间不易扩散而沉降在大气低层;(2)雾层顶部出

现较强的逆温层,污染物不易垂直和水平输送;(3)雾的过程会伴随着某些污染物的化学过程,形成二次污染。表2是近10年1月、4月、7月、10月浓雾日三种污染物浓度分布。

表2 浓雾日与三种污染物浓度分布

时间	1月	4月	7月	10月
SO ₂ /mg·m ⁻³	0.316	0.097	0.071	0.142
NO _x /mg·m ⁻³	0.080	0.048	0.039	0.052
TSP/mg·m ⁻³	0.336	0.320	0.211	0.294

分析表2可知:

(1)浓雾日中,三种污染物在大气中的含量分别高于同期的平均值。

(2)春秋(4月,10月)多雾的季节里,可吸入颗粒(TSP)在雾日增加值最大,等级最高。

3.3 其它天气现象

随着城市规模的扩大,工业、企业的增加,人口、车辆的膨胀,潍坊市的气溶胶现象和热岛效应随之加强,除雾以外,其它现

象,如浮尘、扬沙及浓烟日也明显增加(表略),在每年平均7.8个中度以上污染日中,这些现象的影响约占30%,在风和湍流输送比较弱、大气逆温层比较厚的近地层条件下,浓烟对空气质量的危害越来越突出。

4 结论

分析潍坊市1993~2002年的空气质量的时空特征及与气象条件的关系,可以得出如下结论:

(1)按国家标准对大气环境污染进行分级,10年间潍坊市空气质量达一级的比例为16.3%,达二级的50.2%,达三级1的为25.4%,达三级2的为6.0%,达四级以上的为2.1%。

(2)10年间空气质量总的来说是在变好,大于三级的日数平均每年减少5.96天。

(3)三种主要污染物中,首要污染物是TSP,其次是 SO_2 ;均呈减少趋势,TSP每年减少 $0.0062\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, SO_2 每年减少

$0.0054\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, NO_x 变化甚微。

(4)三种污染物中,二氧化硫(SO_2)随季节的波动最大,冬季其在空气中的含量高其它三季的4~6倍;而悬浮颗粒(TSP)和氮氧化物(NO_x)随季节的变化不大或不明显。

(5)用地面气象资料计算潍坊市混合层高度平均为680m,夏半年高于冬半年,与三种污染物在空气中的含量呈反相关, $|R| > 0.85$ 。

(6)雾是城市环境污染的主要天气现象,雾日中,三种污染物含量较高。其次,浓烟、浮尘、扬沙也是空气污染的重要因素。

参考文献

- 1 吴兑,邓雪娇. 环境气象学与特种气象学预报. 北京:气象出版社,2001:291~297.
- 2 城市空气质量预报与大气污染预警. 中国气象局培训中心教材,2003:70~74.

Urban Air Quality and Meteorological Conditions in Weifang, Shandong for Last Ten Years

Shan Yichang¹ Xu Tai'an¹ Wang Shanfang¹ Xu Wenzheng¹ Qu Lianfeng²

(1. Weifang Meteorological Bureau, Shandong Province 261011;

2. Weifang Environmental Protection Bureau)

Abstract

Based on the monitoring data of everyday air quality of Weifang Environmental Monitoring Center and the observations of Weifang Meteorological Bureau from 1993 to 2002, the temporal-spatial characteristics, the variation tendency of the urban air quality and their relations with the meteorological conditions are analyzed. Results indicate that the TSP is concluded as the primary pollutant in those three matters (SO_2 , NO_x and TSP, which affect the urban air quality of Weifang), those three matters are more in the winter half year and less in the summer half year, and their densities have decreased with years. According to the grading of National Unified Standard, the air quality grades of 33.5% of the days are above the third grade ($\text{API} > 100$), which decrease 5.96 days per annum. In accordance with the urban air quality, the relationships between the height of the mixed layer, fog and the other weather phenomenon (soot, floating dust and flying sand) and the air pollution are analyzed.

Key Words: air quality temporal-spatial characteristic meteorological condition