

# 2020年苏州市空气污染特征及对居民健康的短期影响

王瑛<sup>1</sup>, 姚佳玲<sup>2</sup>, 周晓龙<sup>1</sup>, 朱小红<sup>1</sup>, 刘强<sup>1</sup>, 杨海兵<sup>1</sup>

1. 苏州市疾病预防控制中心环境卫生科, 江苏 苏州 215000; 2. 苏州大学医学部公共卫生学院, 江苏 苏州 215123

**摘要:**目的 了解2020年苏州市空气污染特征及变化规律,探讨可吸入颗粒物(inhalable particulate matter, PM<sub>10</sub>)、细颗粒物(fine particulate matter, PM<sub>2.5</sub>)等主要空气污染物浓度对居民健康的影响。方法 收集2020年苏州市大气污染物监测资料、气象监测资料、居民死因资料和医院就诊资料,分析主要空气污染物浓度对日死亡数、急诊就诊和门诊就诊的影响。结果 大气污染物PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>、臭氧1 h(O<sub>3-1h</sub>)、臭氧8 h(O<sub>3-8h</sub>)、SO<sub>2</sub>和CO的日均浓度分别为44.8 μg/m<sup>3</sup>、32.5 μg/m<sup>3</sup>、32.3 μg/m<sup>3</sup>、121.1 μg/m<sup>3</sup>、103.8 μg/m<sup>3</sup>、5.9 μg/m<sup>3</sup>、0.7 mg/m<sup>3</sup>,其中PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub>日均浓度超标天数较高。对PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub>日均浓度进行分级分析比较,总死亡人数的分布在各污染物(除SO<sub>2</sub>外)不同浓度等级下差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。日总死亡人数、呼吸系统死亡人数和循环系统死亡人数与PM<sub>2.5</sub>均呈正相关( $r=0.289, 0.179, 0.268$ , 均 $P<0.01$ ),与PM<sub>10</sub>均呈正相关( $r=0.230, 0.127, 0.247$ , 均 $P<0.05$ )。不同PM<sub>2.5</sub>日均浓度下总门诊量及各系统门诊量(除循环系统)差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。结论 2020年影响苏州市空气质量的主要污染物有PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub>,空气污染物整体上表现为冬春季浓度高,夏秋季浓度低,臭氧污染在夏季呈高发态势。大气污染物浓度差异可能是影响死亡的重要因素,同时对门诊就诊量存在一定影响。

**关键词:**空气污染;健康影响;可吸入颗粒物;细颗粒物

中国图书资料分类号:R181.3+4

文献标识码:A

文章编号:1004-1257(2022)15-2082-06

DOI:10.13329/j.cnki.zyyjk.2022.0407

## Characteristics of air pollution and its short-term impact on residents' health in Suzhou City in 2020

WANG Ying<sup>1</sup>, YAO Jia-ling<sup>2</sup>, ZHOU Xiao-long<sup>1</sup>, ZHU Xiao-hong<sup>1</sup>, LIU Qiang<sup>1</sup>, YANG Hai-bing<sup>1</sup>

1. Environmental Hygiene Division, Suzhou Center for Disease Control and Prevention, Jiangsu Suzhou, 215000, China; 2. School of Public Health, Medical College of Soochow University, Jiangsu Suzhou, 215123, China

Corresponding author: ZHU Xiao-hong, Associate chief physician, E-mail: 252875637@qq.com

**Abstract:** **Objective** To clarify the characteristics and changing rules of air pollution in Suzhou City in 2020, explore the impact of inhalable particulate matter (PM<sub>10</sub>), fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) and other major air pollutants on residents' health. **Methods** The air pollutant monitoring data, meteorological monitoring data, residents' cause of death data and hospital treatment data in Suzhou City in 2020 were collected to analyze the effects of major air pollutant concentrations on daily deaths, emergency department visits, and outpatient visits. **Results** The daily average concentration of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, ozone 1 h (O<sub>3-1h</sub>), ozone 8 h (O<sub>3-8h</sub>), SO<sub>2</sub> and CO was 44.8 μg/m<sup>3</sup>, 32.5 μg/m<sup>3</sup>, 32.3 μg/m<sup>3</sup>, 121.1 μg/m<sup>3</sup>, 103.8 μg/m<sup>3</sup>, 5.9 μg/m<sup>3</sup>, 0.7 mg/m<sup>3</sup>, respectively. Among them, the number of days which daily average concentration of PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3-1h</sub> and O<sub>3-8h</sub> exceeded the standard was more. The average daily concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3-1h</sub> and O<sub>3-8h</sub> were analyzed and compared by grade, and the distribution of total deaths was statistically different under different concentrations of each pollutant (except SO<sub>2</sub>) (all  $P<0.05$ ). The total daily deaths, respiratory deaths and circulatory deaths were positively correlated with PM<sub>2.5</sub> ( $r=0.289, 0.179, 0.268$ , all  $P<0.01$ ), and positively correlated with PM<sub>10</sub> ( $r=0.230, 0.127, 0.247$ , all  $P<0.05$ ). There were statistically significant differences in the total outpatient visits and outpatient visits of each system (except circulatory system) under different PM<sub>2.5</sub> daily average concentration (all  $P<0.05$ ). **Conclusions** The main pollutants affecting air quality in Suzhou City in 2020 include PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3-1h</sub> and O<sub>3-8h</sub>, the concentrations of air pollutants are high in winter and spring, and low in summer and autumn, while ozone pollution showed a high trend in summer. The air pollutant concentration may be an important factor affecting the death, and has a certain influence on the number of outpatient visits.

**Keywords:** Air pollution; Health effects; Inhalable particulate matter; Fine particulate matter

基金项目: 苏州市科教兴卫青年科技项目(KJXW2017055)

作者简介: 王瑛, 男, 主管医师, 主要从事环境卫生工作。

通信作者: 朱小红, 副主任医师, E-mail: 252875637@qq.com

随着苏州市经济的快速发展,各类型企业数量日益增长<sup>[1]</sup>,机动车保有量日趋上升,能源消耗不断加快,空气污染从以煤烟型污染为主的特征逐渐呈现出复合型污染的特征<sup>[2]</sup>,苏州市空气污染物浓度虽然与往年相比有一定程度的改善<sup>[3-6]</sup>,但由于大气中各种有害污染物会引起多种疾病的发生,包括呼吸系统疾病、心血管系统疾病和癌症等<sup>[7-10]</sup>,其对居民健康产生的影响仍然不容忽视。近十几年来,有关空气污染对居民健康的研究日益增多<sup>[7-13]</sup>,但苏州市与其他经济发展较快的地区相比相关方面的研究数量与深度都有待进一步加强。我们欲通过收集大气污染物监测资料、气象监测资料、居民死因资料和医院就诊资料,了解 2020 年苏州市空气污染特征及分析空气中污染物对日死亡数、急诊就诊数和门诊就诊数的影响,为制定苏州市地方性环境防控政策和深层次研究提供参考依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

1.1.1 大气污染物监测资料 收集 2020 年 1 月 1 日—12 月 31 日苏州市大气污染监测资料,包括细颗粒物(fine particulate matter,  $PM_{2.5}$ )、可吸入颗粒物(inhalable particulate matter,  $PM_{10}$ )、 $SO_2$ 、 $NO_2$  和 CO 等污染物,由苏州市环境监测站提供。

1.1.2 气象监测资料 收集 2020 年 1 月 1 日—12 月 31 日苏州市气象监测资料,包括气温( $^{\circ}C$ )、气压(hpa)、相对湿度(%)和降水量(mm)等,该资料由苏州市气象局提供。

1.1.3 居民死因资料 收集 2020 年 1 月 1 日—12 月 31 日苏州市城区居民死因资料,由苏州市疾病预防控制中心慢性病科提供。该资料包括死亡人群的身份编码(报告卡 ID)、性别、年龄、地址、直接导致死亡的疾病和疾病的 ICD-10 编码。根据国际疾病分类(ICD-10),呼吸系统疾病编码为 J00-J99,循环系统疾病编码为 I00-I99。

1.1.4 医院就诊资料 收集 2020 年 1 月 1 日—12 月 31 日苏州市市立医院东区、北区、本部及苏州大学附属二院 4 家综合医院的日就诊数资料,资料由哨点医院监测系统导出。

1.2 方法 系统地收集 2020 年苏州市大气污染物监测资料、气象监测资料、居民死因资料和医院就诊资料,了解 2020 年苏州市空气污染特征及变化规律,分析空气污染物对居民健康的影响。根据 GB 3095—2012《环境空气质量标准》<sup>[14]</sup>,将全部污染物浓度低于标准要求的定义为达标日,否则为超标日,并依据该标准

对空气污染物  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、 $NO_2$ 、臭氧 1 h( $O_{3-1h}$ )和臭氧 8 h( $O_{3-8h}$ )等进行分级分析比较,分析其对死亡人数、急诊就诊和门诊就诊的影响差异有无统计学意义。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 26.0 进行分析。收集到的资料不服从正态分布,采用  $M(P_{25}, P_{75})$  来表示气象参数、空气污染物、死亡人数、急诊就诊和门诊就诊人数的平均水平,采用多个独立样本的非参数检验分析各总体分布间的差异性,采用 Spearman 秩相关分析气象条件与空气污染物、各空气污染物与日死亡数、急诊就诊数、门诊就诊数的相关性,采用簇状柱形图来描述相关指标的分布特征及变化趋势。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 基础资料统计结果

2.1.1 气象监测数据分析 苏州市年平均气压 1 015.7 hpa,年平均温度 17.9  $^{\circ}C$ ,年平均相对湿度 73%,年平均降水量 4.3 mm,年平均风速 2.5 m/s。见表 1。

表 1 2020 年苏州市气象监测数据

项目	均值 $[M(P_{25}, P_{75})]$	最大值	最小值
平均气压(hpa)	1 016.5(1 007.4, 1 023.3)	1 035.9	996.6
最高气压(hpa)	1 019.0(1 009.3, 1 025.5)	1 037.7	999.6
最低气压(hpa)	1 013.6(1 005.1, 1 021.1)	1 032.8	994.2
平均温度( $^{\circ}C$ )	18.0(10.2, 25.1)	33.6	-3.7
最高气温( $^{\circ}C$ )	22.5(14.0, 28.6)	37.7	0.2
最低气温( $^{\circ}C$ )	14.8(8.0, 22.2)	30.2	-6.4
平均相对湿度(%)	73.0(64.0, 83.8)	98.0	39.0
最小湿度(%)	51.0(41.0, 65.0)	96.0	11.0
降水量(mm)	0.0(0.0, 2.3)	181.5	0.0
日平均风速(m/s)	2.4(1.9, 3.1)	6.2	0.7

2.1.2 环保监测数据分析 2020 年苏州市空气污染物监测指标包括  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $NO_2$ 、 $O_{3-1h}$ 、 $O_{3-8h}$ 、 $SO_2$  和 CO,其日均浓度分别为 44.8  $\mu g/m^3$ 、32.5  $\mu g/m^3$ 、32.3  $\mu g/m^3$ 、121.1  $\mu g/m^3$ 、103.8  $\mu g/m^3$ 、5.9  $\mu g/m^3$  和 0.7  $mg/m^3$ 。与 GB 3095—2012 比较, $PM_{2.5}$ 、 $O_{3-1h}$  和  $O_{3-8h}$  日均值超标天数比较高,分别为 16、26、40 天,超标率分别为 4.4%、7.1%和 10.9%。见表 2。

$PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  月均浓度较高的月份主要分布在 1 和 12 月, $PM_{2.5}$  月均浓度较低的月份主要分布在 7 和 8 月, $PM_{10}$  月均浓度较低的月份主要分布在 8 月; $NO_2$ 、 $SO_2$  月均浓度较高的月份主要分布在 12 月, $NO_2$  月均浓度较低的月份主要分布在 2 月, $SO_2$  月均浓度较低的月份主要分布在 1 和 2 月; $O_{3-1h}$ 、 $O_{3-8h}$  月均浓度较高的月份主要分布在 5 月,其月均浓度较低的月份主要分布在 12 月;CO 月均浓度较高的月份主要分布在 1、9 和 12 月,CO 月均浓度较低的月份主要分布在 3 月。见表 3。

表2 2020年苏州市空气污染物浓度分析

监测成分	均值 [M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	超标 天数(d)	超标率 (%)	月均最高 (浓度)	月均最低 (浓度)
PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	38(30,56)	2	0.5	12月(69.5)	7月(30.1)
PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	26(19,40)	16	4.4	1月(60.5)	8月(18.9)
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	29(21,40)	3	0.8	12月(56.1)	2月(17.8)
O <sub>3-1h</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	115(84,153)	26	7.1	5月(164.2)	12月(61.8)
O <sub>3-8h</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	99(72,133)	40	10.9	5月(143.5)	12月(48.4)
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	6(5,7)	0	0.0	12月(8.5)	1,2月(3.9)
CO(mg/m <sup>3</sup> )	0.6(0.5,0.8)	0	0.0	1,9、12月(0.8)	3月(0.5)

注:PM<sub>10</sub>—可吸入颗粒物;PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;O<sub>3-1h</sub>—臭氧1h;O<sub>3-8h</sub>—臭氧8h。

表3 2020年苏州市空气污染物指标月均水平

时间 (月)	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	CO (mg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3-1h</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3-8h</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )
1	3.9	38.1	0.8	70.3	60.2	61.2	60.5
2	3.9	17.8	0.6	98.6	88.5	37.2	33.0
3	5.0	30.6	0.5	106.5	92.5	42.7	31.5
4	6.3	37.3	0.6	151.0	132.9	57.4	37.6
5	5.5	27.0	0.6	164.2	143.5	51.5	36.3
6	4.8	23.2	0.6	137.4	118.2	30.2	21.3
7	5.6	26.3	0.7	139.9	115.1	30.1	20.5
8	6.5	19.5	0.6	156.4	133.0	31.9	18.9
9	7.1	33.1	0.8	157.5	136.0	38.2	24.0
10	6.5	34.8	0.6	122.3	104.4	38.0	20.6
11	7.2	43.4	0.7	87.7	74.0	48.8	29.7
12	8.5	56.1	0.8	61.8	48.4	69.5	55.8

注:PM<sub>10</sub>—可吸入颗粒物;PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;O<sub>3-1h</sub>—臭氧1h;O<sub>3-8h</sub>—臭氧8h。

2.2 气象条件对空气污染物的影响 Spearman 分析结果显示,平均气温、最高气温、最低气温与 SO<sub>2</sub> 均呈正相关(均  $P<0.01$ ),平均相对湿度、最小湿度、降水量和日平均风速与 SO<sub>2</sub> 均呈负相关(均  $P<0.01$ );平均气压、最高气压、最低气压与 NO<sub>2</sub> 均呈正相关(均  $P<0.01$ ),平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度、最小湿度、降水量和日平均风速与 NO<sub>2</sub> 均呈负相关(均  $P<0.05$ );平均相对湿度、最小湿度与 CO 均呈正相关(均  $P<0.01$ ),日平均风速与 CO 呈负相关( $P<0.01$ );气压、湿度、降水量与 O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub> 均呈负相关(均  $P<0.01$ ),气温与 O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub> 均呈正相关(均  $P<0.01$ );气压与 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 均呈正相关(均  $P<0.01$ ),气温、湿度、降水量、日平均风速与 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 均呈负相关(均  $P<0.01$ )。见表4。

### 2.3 空气污染对死亡的影响

2.3.1 日死亡人数分布特征 2020年苏州市城区总死亡人数和循环系统疾病死亡人数、呼吸系统疾病死亡人数簇状柱形图分别见图1~3。

2.3.2 达标日与超标日情况 根据 GB 3095—2012,将全部污染物浓度低于标准要求的定义为达标日,否则为非达标日。2020年苏州市全年达标日309天,超标

57天。在达标日与超标日期间,无论是总死亡人数还是呼吸系统、循环系统死亡人数差异均无统计学意义(均  $P>0.05$ )。见表5。

表4 2020年苏州市气象条件与空气污染物相关分析( $r$ 值)

气象指标	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3-1h</sub>	O <sub>3-8h</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
平均气压	-0.017	0.334 <sup>b</sup>	0.030	-0.548 <sup>b</sup>	-0.504 <sup>b</sup>	0.303 <sup>b</sup>	0.314 <sup>b</sup>
最高气温	-0.029	0.330 <sup>b</sup>	0.021	-0.561 <sup>b</sup>	-0.518 <sup>b</sup>	0.299 <sup>b</sup>	0.315 <sup>b</sup>
最低气温	-0.003	0.350 <sup>b</sup>	0.038	-0.543 <sup>b</sup>	-0.500 <sup>b</sup>	0.299 <sup>b</sup>	0.311 <sup>b</sup>
平均气温	0.212 <sup>b</sup>	-0.288 <sup>b</sup>	-0.082	0.666 <sup>b</sup>	0.626 <sup>b</sup>	-0.253 <sup>b</sup>	-0.377 <sup>b</sup>
最高气温	0.257 <sup>b</sup>	-0.276 <sup>b</sup>	-0.093	0.732 <sup>b</sup>	0.696 <sup>b</sup>	-0.189 <sup>b</sup>	-0.334 <sup>b</sup>
最低气温	0.158 <sup>b</sup>	-0.397 <sup>b</sup>	-0.054	0.582 <sup>b</sup>	0.538 <sup>b</sup>	-0.309 <sup>b</sup>	-0.403 <sup>b</sup>
平均相对湿度	-0.523 <sup>b</sup>	-0.125 <sup>a</sup>	0.222 <sup>b</sup>	-0.370 <sup>b</sup>	-0.411 <sup>b</sup>	-0.443 <sup>b</sup>	-0.140 <sup>b</sup>
最小湿度	-0.488 <sup>b</sup>	-0.138 <sup>b</sup>	0.166 <sup>b</sup>	-0.420 <sup>b</sup>	-0.457 <sup>b</sup>	-0.472 <sup>b</sup>	-0.210 <sup>b</sup>
降水量	-0.461 <sup>b</sup>	-0.200 <sup>b</sup>	0.079	-0.323 <sup>b</sup>	-0.340 <sup>b</sup>	-0.486 <sup>b</sup>	-0.247 <sup>b</sup>
日平均风速	-0.146 <sup>b</sup>	-0.395 <sup>b</sup>	-0.378 <sup>b</sup>	-0.007	0.024	-0.199 <sup>b</sup>	-0.299 <sup>b</sup>

注:PM<sub>10</sub>—可吸入颗粒物;PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;O<sub>3-1h</sub>—臭氧1h;O<sub>3-8h</sub>—臭氧8h;<sup>a</sup> $P<0.05$ ;<sup>b</sup> $P<0.01$ 。

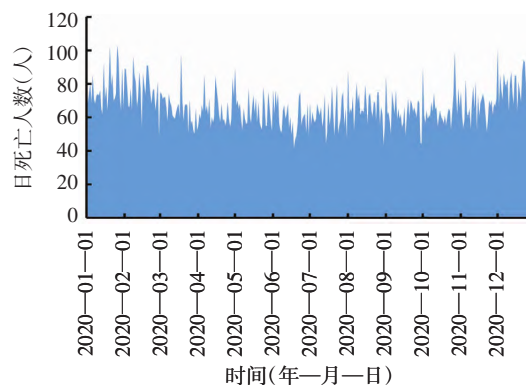


图1 2020苏州市城区总死亡人数

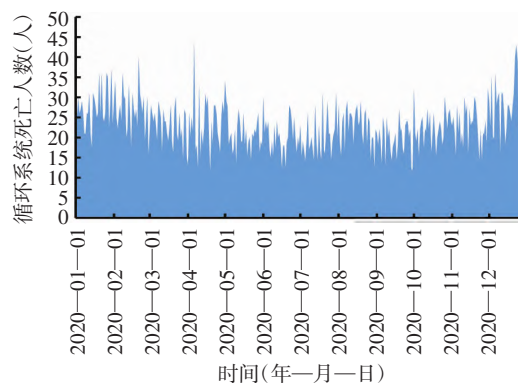


图2 2020年苏州市城区循环系统死亡人数

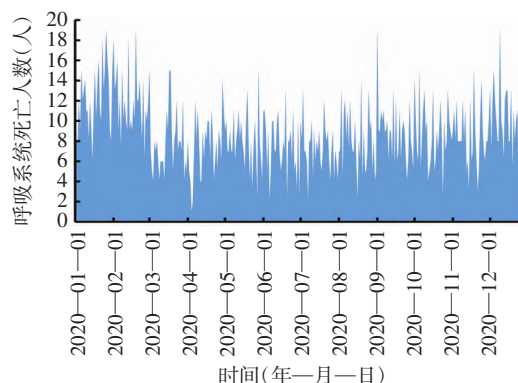


图3 2020年苏州市城区呼吸系统死亡人数



表 5 苏州市空气质量达标日与超标日死亡情况[M(P<sub>25</sub>,P<sub>75</sub>)]

统计指标	总死亡人数	呼吸系统死亡人数	循环系统死亡人数
达标日	66(59,73)	8(6,11)	22(19,26)
超标日	68(61,77)	9(7,11)	24(20,27)
Z 值	-1.519	-0.562	-1.526
P 值	0.129	0.575	0.127

2.3.3 不同污染物浓度分级情况 根据 GB 3095—2012,对 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub> 浓度进行分级分析比较,其中循环系统死亡人数的分布在各污染物不同浓度等级下差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ ),总死亡人数的分布在各污染物(除 SO<sub>2</sub> 外)不同浓度等级下差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ ),呼吸系统死亡人数的分布在 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 不同浓度等级下差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ ),提示不同污染物浓度的差异可能是影响死亡的重要因素之一。见表 6。

2.3.4 Spearman 相关分析 苏州市城区日总死亡人数、呼吸系统死亡人数和循环系统死亡人数与 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 均呈正相关(均  $P<0.05$ ),与 O<sub>3-1h</sub> 呈负相关( $P<0.01$ )。

见表 7。

2.4 空气污染对急诊就诊的影响

2.4.1 日急救人数分布特征 2020 年苏州市城区急救总人次 103 827,日急救量最大值在 7 月 12 日,急救量为 388 人次,最少在 2 月 13 日,急救量为 141 人次。日均急救人数为(283.68±53.22)人次。见图 4。

2.4.2 不同 PM<sub>2.5</sub> 日均浓度分级比较 根据 GB 3095—2012,对 PM<sub>2.5</sub> 日均浓度进行分级分析,不同 PM<sub>2.5</sub> 浓度下的日急救数的分布差异无统计学意义( $\chi^2=4.007,P>0.05$ )。见表 8。

2.4.3 相关分析 Spearman 相关分析结果显示,日急救数与 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 均呈正相关(均  $P<0.01$ ),与 PM<sub>2.5</sub> 呈负相关( $P<0.05$ )。见表 9。

2.5 空气污染对门诊就诊的影响

2.5.1 门诊就诊量一般情况描述 2020 年苏州市城区 4 家综合医院年门诊总量 4 576 674 人,呼吸系统门诊量 352 318 人,循环系统门诊量 253 645 人,皮肤和皮下组织门诊量 224 960 人,眼和附属器门诊量

表 6 苏州市不同空气污染物浓度下日均死亡情况

空气污染物浓度分级	总死亡人数			循环系统死亡人数			呼吸系统死亡人数		
	M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> )	$\chi^2$ 值	P 值	M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> )	$\chi^2$ 值	P 值	M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> )	$\chi^2$ 值	P 值
PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		18.57	0.000		14.10	0.003		8.67	0.340
<51	64(58,72)			22(19,26)			8(6,11)		
51~<101	69(61,77)			25(20,28)			9(8,11)		
101~<150	77(67,80)			29(23,34)			10(8,12)		
≥150	75(62,87)			24(17,31)			8(6,9)		
PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		37.19	0.000		27.81	0.000		15.85	0.001
<36	64(58,70)			22(18,26)			8(6,10)		
36~<76	70(62,78)			25(21,29)			9(8,11)		
76~<100	80(71,87)			26(24,37)			10(10,12)		
≥100	78(74,80)			31(25,31)			9(8,12)		
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		15.43	0.001		11.23	0.011		4.19	0.241
<31	65(59,72)			22(19,26)			8(6,10)		
31~<61	66(59,75)			23(19,26)			9(7,11)		
61~<80	70(67,83)			25(21,31)			10(8,11)		
≥80	93(87,94)			40(40,42)			10(9,11)		
O <sub>3-1h</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		20.12	0.000		10.37	0.035		8.64	0.071
<51	70(65,80)			22(20,28)			10(8,12)		
51~<101	69(61,77)			24(20,28)			9(7,12)		
101~<151	64(58,70)			22(18,26)			8(6,11)		
151~<200	63(59,71)			22(18,26)			8(6,10)		
≥200	67(58,75)			22(19,26)			9(7,11)		
O <sub>3-8h</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		18.53	0.000		8.57	0.036		6.48	0.090
<51	70(62,80)			25(20,28)			10(8,12)		
51~<101	68(61,76)			24(20,28)			9(7,11)		
101~<160	63(59,69)			22(18,26)			8(6,10)		
≥160	64(58,70)			22(20,25)			8(6,10)		
SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		1.52	0.218		4.14	0.042		0.42	0.516
<13	66(59,74)			22(19,26)			8(6,11)		
13~16	80(71,83)			28(27,34)			8(8,8)		

注:PM<sub>10</sub>—可吸入颗粒物;PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;O<sub>3-1h</sub>—臭氧 1 h;O<sub>3-8h</sub>—臭氧 8 h。

表7 2020年苏州市各空气污染物与日死亡数的相关分析( $r$ 值)

指标	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3-1h</sub>	O <sub>3-8h</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
总死亡	0.066	0.319 <sup>a</sup>	0.132 <sup>b</sup>	-0.217 <sup>a</sup>	0.218 <sup>a</sup>	0.230 <sup>a</sup>	0.289 <sup>a</sup>
呼吸系统死亡	-0.035	0.067	0.107 <sup>b</sup>	-0.151 <sup>b</sup>	-0.152 <sup>b</sup>	0.127 <sup>b</sup>	0.179 <sup>a</sup>
循环系统死亡	0.036	0.102	0.047	-0.165 <sup>a</sup>	-0.158 <sup>a</sup>	0.247 <sup>a</sup>	0.268 <sup>a</sup>

注:PM<sub>10</sub>—可吸入颗粒物;PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;O<sub>3-1h</sub>—臭氧1h;O<sub>3-8h</sub>—臭氧8h;<sup>a</sup> $P<0.01$ ;<sup>b</sup> $P<0.05$ 。

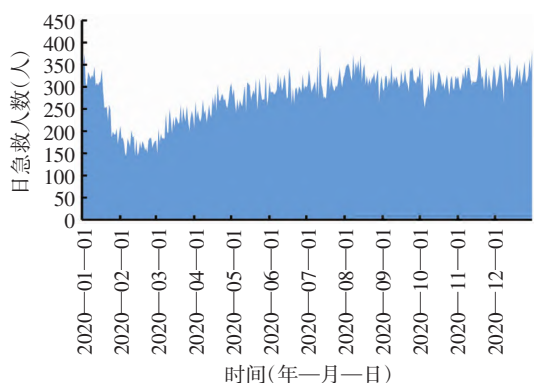


图4 2020年苏州市城区急救接诊数

表8 2020年苏州市不同PM<sub>2.5</sub>浓度下的日急救数

PM <sub>2.5</sub> 浓度分级(μg/m <sup>3</sup> )	天数(d)	日急救人数[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]
<36	258	300(266, 321)
36~<76	92	287(237, 317)
76~<100	7	306(191, 324)
≥100	9	309(278, 329)

注:PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;不同PM<sub>2.5</sub>浓度下的日急救数的分布比较 $\chi^2=4.007$ ,  $P=0.261$ 。

表9 2020年苏州市各空气污染物与日急救数的相关分析( $r$ 值)

指标	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3-8h</sub>	O <sub>3-1h</sub>
日急救人数	0.026	-0.125 <sup>a</sup>	0.425 <sup>b</sup>	0.321 <sup>b</sup>	0.235 <sup>b</sup>	-0.037	-0.026

注:PM<sub>10</sub>—可吸入颗粒物;PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;O<sub>3-1h</sub>—臭氧1h;O<sub>3-8h</sub>—臭氧8h;<sup>a</sup> $P<0.05$ ;<sup>b</sup> $P<0.01$ 。

115 273 人。

**2.5.2 不同PM<sub>2.5</sub>日均浓度分级比较** 根据GB 3095—2012,对PM<sub>2.5</sub>日均浓度进行分级分析。结果显示,不同PM<sub>2.5</sub>浓度下总门诊量、呼吸系统、皮肤及皮下组织、眼及附属器门诊量差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见表10。

**2.5.3 Spearman 相关分析** 总门诊量、皮肤及皮下组织门诊量与PM<sub>2.5</sub>均呈负相关(均 $P<0.05$ ),总门诊量、循环系统门诊量与NO<sub>2</sub>、CO、SO<sub>2</sub>均呈正相关(均 $P<0.05$ ),

呼吸系统门诊量与PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、SO<sub>2</sub>均呈正相关(均 $P<0.01$ ),呼吸系统、循环系统门诊量与O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub>均呈负相关(均 $P<0.05$ ),皮肤及皮下组织、眼及附属器门诊量与O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub>、CO、SO<sub>2</sub>均呈正相关(均 $P<0.01$ ),眼及附属器门诊量与NO<sub>2</sub>均呈正相关(均 $P<0.01$ )。见表11。

### 3 讨论

2020年苏州市各空气污染物PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub>、SO<sub>2</sub>和CO日均浓度分别为44.8 μg/m<sup>3</sup>、32.5 μg/m<sup>3</sup>、32.3 μg/m<sup>3</sup>、121.1 μg/m<sup>3</sup>、103.8 μg/m<sup>3</sup>、5.9 μg/m<sup>3</sup>和0.7 mg/m<sup>3</sup>,与2017—2019年苏州市各空气污染物监测指标相比<sup>[3,5]</sup>,污染物浓度整体上有下降趋势,特别是前3项监测指标,这可能与近几年对煤炭燃烧的控制、使用清洁能源、减少建筑扬尘等措施的实施有关<sup>[15]</sup>。虽然各污染物浓度整体上表现出下降趋势,但仍有3项指标(PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3-1h</sub>、O<sub>3-8h</sub>)高于国家二级限值标准的天数比较多,是2020年影响苏州市空气质量的主要污染物。此外,各空气污染物也表现出明显的季节变化,除臭氧外冬春季节浓度较高,夏秋季节浓度较低,而臭氧在夏季表现为高发态势<sup>[16]</sup>,其季节变化特点与文献[2]对苏州市空气质量现状评价中的结果相一致。对气象条件(气温、气压、湿度、风速、降水量)和各空气污染物日均浓度做相关分析,发现气象条件的变化对空气污染物存在一定的影响。

对2014—2015年兰州市居民每日死亡资料和每日气象环境监测资料分析发现,兰州市大气污染物浓度的增加对居民非意外总死亡数的增加具有显著影响<sup>[17]</sup>。本次分析对各空气污染物浓度进行分级分析,结果显示,循环系统死亡人数的分布在各污染物不同浓度等级下的差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ ),总死亡人数的分布在各污染物(除SO<sub>2</sub>外)不同浓度等级下的差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ ),呼吸系统死亡人数的分布在PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>不同浓度等级下的差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ ),上述结果提示大气污染物浓度的差异可能是影响死亡的重要因素之一。在各空气污染

表10 2020年苏州市不同PM<sub>2.5</sub>浓度下苏州市城区4家综合医院门诊量分析[M(P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>)]

PM <sub>2.5</sub> 浓度分级(μg/m <sup>3</sup> )	天数(d)	总门诊	呼吸系统	循环系统	皮肤及皮下组织	眼及附属器
<36	258	13 868(10 348, 15 718)	863(667, 1 160)	739(476, 847)	680(563, 765)	340(291, 387)
36~<76	92	11 485(8 627, 15 593)	795(547, 1 307)	685(451, 863)	611(448, 723)	323(275, 373)
76~<100	7	13 848(4 470, 16 208)	1 446(642, 2 316)	863(333, 957)	574(152, 624)	231(76, 325)
≥100	9	15 798(11 228, 18 722)	2 097(1 322, 2 291)	921(597, 1 322)	698(560, 760)	419(366, 458)
$\chi^2$ 值		7.95	23.69	6.31	12.52	16.69
$P$ 值		0.047	0.000	0.098	0.004	0.001

注:PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物。

表 11 苏州市城区 4 家综合医院日门诊量与空气污染物  
相关分析(*r* 值)

指标	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3-1h</sub>	O <sub>3-8h</sub>	CO	SO <sub>2</sub>
总门诊量	0.020	-0.115 <sup>a</sup>	0.335 <sup>b</sup>	-0.013	-0.049	0.187 <sup>b</sup>	0.270 <sup>b</sup>
呼吸系统	0.154 <sup>b</sup>	0.038	0.515 <sup>b</sup>	-0.282 <sup>b</sup>	-0.311 <sup>b</sup>	0.326 <sup>b</sup>	0.258 <sup>b</sup>
循环系统	0.101	0.011	0.344 <sup>b</sup>	-0.111 <sup>a</sup>	-0.128 <sup>a</sup>	0.104 <sup>a</sup>	0.154 <sup>b</sup>
皮肤及皮下组织	-0.057	-0.215 <sup>b</sup>	0.047	0.388 <sup>b</sup>	0.341 <sup>b</sup>	0.136 <sup>b</sup>	0.344 <sup>b</sup>
眼及附属器	0.037	-0.081	0.163 <sup>b</sup>	0.321 <sup>b</sup>	0.274 <sup>b</sup>	0.212 <sup>b</sup>	0.332 <sup>b</sup>

注:PM<sub>10</sub>—可吸入颗粒物;PM<sub>2.5</sub>—细颗粒物;O<sub>3-1h</sub>—臭氧 1 h;O<sub>3-8h</sub>—臭氧 8 h;<sup>a</sup>*P*<0.05;<sup>b</sup>*P*<0.01。

物与死亡人数的相关分析结果中发现,总死亡人数、呼吸系统死亡人数和循环系统死亡人数与 PM<sub>2.5</sub> 均呈正相关,与 PM<sub>10</sub> 均呈正相关,表示大气颗粒物(PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>)浓度的增加能够增加人群死亡数。

本研究在分析空气污染对急诊就诊数和门诊就诊数的影响时,对影响苏州市空气质量的主要污染物 PM<sub>2.5</sub> 日均浓度进行分级分析,急救人数的分布差异无统计学意义。虽然 Spearman 相关分析结果显示,日急救数与 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 均呈正相关(均 *P*<0.01),与 PM<sub>2.5</sub> 呈负相关(*P*<0.05),但是缺少相关机制、人群研究的支撑,提示污染物浓度与日急救人数之间的关系尚需进一步的探讨<sup>[18-20]</sup>。不同 PM<sub>2.5</sub> 日均浓度下各医院门诊量差异有统计学意义(*P*<0.05),整体上表现为随着污染物浓度的增加,门诊量增加。

鉴于空气污染对居民健康会产生诸多不良的影响,政府部门应当制定合理的大气污染防治政策以优化城市环境质量管理,居民个人应当多采用绿色出行的方式以减少机动车尾气排放对环境的污染,关注每日的空气质量预报,在中重度污染的天气出行时应注意个人的防护,特别是儿童、老年人以及有相关系统疾病的患者<sup>[21]</sup>。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

[1] 毛鑫,朱从坤.苏州市 GDP 与交通运输量之间的关系研究[J].现代交通技术,2019,16(4):68-71.  
[2] 刘林瑶.苏州市大气污染特征及主要污染源解析研究[D].苏州:苏州科技大学,2017.  
[3] 王瑛,朱小红,刘强,等.2017—2019 年苏州市大气主要污染物 PM<sub>2.5</sub> 与人群死亡风险的关系[J].职业与健康,2021,37(9):1-6.

[4] 王临池,葛锡泳,陆艳,等.大气中 NO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 对苏州市居民脑卒中发病及高危因素影响的研究[J].中国预防医学杂志,2019,20(9):55-59.  
[5] 朱小红,刘强,周晓龙,等.2017—2019 年苏州市空气主要污染物浓度对医院门诊数影响的时间序列分析[J].职业与健康,2021,37(9):1241-1246.  
[6] 陈丽君.2009—2018 年苏州市大气环境质量的演变特征[J].环境与发展,2020,32(3):238-239.  
[7] 李洪枚,伍鹏程,伯鑫,等.临沂市区主要大气污染物的污染特征及其对居民健康的影响[J].环境科学学报,2020,40(8):2919-2934.  
[8] 胡雪蛟,王思嘉,薛琦,等.大气污染物对呼吸系统疾病日门诊量影响的时间序列分析[J].中国预防医学杂志,2018,19(8):29-34.  
[9] 谢惠芳,陈佩弟,孙高峰.2015—2019 年乌鲁木齐市大气污染物 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 对呼吸系统疾病死亡的影响[J].职业与健康,2021,37(17):2406-2411.  
[10] 丁亚萍.大气污染物和气温对心脑血管疾病日门诊量的健康效应研究[D].太原:山西医科大学,2019.  
[11] ANDERSEN Z J, STAFOGGIA M, WEINMAYR G, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of postmenopausal breast cancer in 15 European Cohorts within the ESCAPE Project[J]. Environ Health Persp, 2017, 125(10):107005.  
[12] YASER H S. Air pollution and cardiovascular mortality in Kerman from 2006 to 2011[J]. J Epidemiol Communh, 2014, 55(1):57-65.  
[13] 赵珂,曹军骥,文湘闽.西安市大气 PM<sub>2.5</sub> 污染与城区居民死亡率的关系[J].预防医学情报杂志,2011,27(4):257-262.  
[14] 中华人民共和国环境保护部,国家质量监督检验检疫总局.环境空气质量标准:GB 3095—2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012:3-6.  
[15] 周曼璐.分析大气污染的环境监测及治理[J].资源节约与环保,2021,39(5):56-57.  
[16] 杨春雪.细颗粒物和臭氧对我国居民死亡影响的急性效应研究[D].上海:复旦大学,2012.  
[17] 王任洪.兰州市大气污染与呼吸、循环系统疾病死亡的时间序列分析[D].兰州:兰州大学,2017.  
[18] 张美,茹凉,赵珍珍,等.大气污染物浓度与医院儿童呼吸系统常见疾病日门诊就诊人次数的相关研究[J].新疆医学,2018,48(7):764-766.  
[19] 苏畅,郭玉明.大气污染物与呼吸系统疾病急诊就诊关系的病例交叉研究[J].中华流行病学杂志,2010,31(8):845-849.  
[20] 张美,马香萍,张季红,等.采暖期及非采暖期大气污染物与儿科呼吸系统常见疾病日门诊日均就诊人次数的相关性研究[J].中国全科医学,2018,21(11):1290-1295.  
[21] 陈仁杰,陈秉衡,阚海东.上海市空气质量健康指数的构建及其应用[J].中华预防医学杂志,2012,46(5):443-446.

收稿日期:2021-09-27 修回日期:2022-02-23 责任编辑:张文洁

