# 西安市空气污染对呼吸系统门诊量的影响

王巧云，姚杨，李田田，孙亚楠，王蒙蒙，程梓荷，吴静，王胜昱*
（西安医学院第一附属医院呼吸与危重症医学科，陕西 西安，710000）

**摘要：目的** 探讨西安市空气污染对当地居民呼吸系统疾病的影响，为控制空气污染、减少呼吸系统疾病的发生提供参考。**方法** 收集西安市2016年1月1日至2019年12月31日每日空气污染状况、气象数据及某三甲医院呼吸科日门诊就诊人数。采用病例交叉设计分析空气污染物与门诊就诊量之间的关系。**结果** 大气污染物细颗粒（$PM_{2.5}$）与一氧化碳（CO）在累计滞后4 d（lag04）时危害最明显[RR=1.017（95%CI 1.001~1.034）、1.027（95%CI 1.001~1.054）]，仅会增加>65岁人群的呼吸系统门诊就诊量。可吸入颗粒物（$PM_{10}$）与二氧化硫（$SO_2$）在累计滞后7 d（lag07）时每增加四分位间距（IQR）浓度，总人群呼吸系统门诊就诊风险分别增加4.26%（95%CI 1.73%~6.87%）和7.03%（95%CI 2.43%~11.84%），$PM_{10}$对<35岁人群危害效应最明显，$SO_2$对>65岁人群效应十分强烈。二氧化氮（$NO_2$）和臭氧（$O_3$）浓度的升高仅会增加>65岁人群呼吸系统门诊就诊量。**结论** 西安市大气污染物$PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、CO浓度的升高可导致呼吸系统门诊就诊量的增加，并且存在滞后效应，老年人群更应该注重$NO_2$和$O_3$对于呼吸系统的危害。

**关键词：**空气污染；呼吸系统；日门诊量；病例交叉研究
**中图分类号：**R197.3；R56 **文献标志码：**A **文章编号：**2096-1413(2024)07-0001-06

# Effect of air pollution on respiratory system outpatient visits in Xi'an city

WANG Qiaoyun, YAO Yang, LI Tiantian, SUN Yanan, WANG Mengmeng, CHENG Zihe, WU Jing, WANG Shengyu*
(Respiratory and Critical Care Medicine Department, the First Affiliated Hospital of Xi'an Medical University,
Xi'an 710000, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effect of air pollution on local residents' respiratory system diseases in Xi'an city, and to provide references for controlling air pollution and reducing the incidence of respiratory system diseases. Methods The daily air pollution status, meteorological data and the number of outpatient visits in the respiratory department of a tertiary hospital from January 1, 2016 to December 31, 2019 in Xi'an city were collected. The case-crossover design was used to analyze the relationship between air pollutants and outpatient visits. Results The hazards of particulate matter with an aerodynamic diameter <2.5 μm ($PM_{2.5}$) and carbon monoxide (CO) were the most obvious when the cumulative lag of 4 d (lag04) [RR=1.017 (95%CI 1.001-1.034), 1.027 (95%CI 1.001-1.054)], which only increased the number of respiratory outpatient visits for people >65 years old. When the particulate matter of aerodynamic diameter ≤10 μm ($PM_{10}$) and sulfur dioxide ($SO_2$) increased by interquartile range (IQR) concentration in cumulative lag of 7 d (lag07), the risk of respiratory outpatient visits increased by 4.26% (95%CI 1.73%-6.87%) and 7.03% (95%CI 2.43%-11.84%), respectively. The harmful effect of $PM_{10}$ on people <35 years old was the most obvious, and the effect of $SO_2$ on people >65 years old was very strong. Elevated concentrations of nitrogen dioxide ($NO_2$) and ozone ($O_3$) only increased the number of outpatient visits to the respiratory system in people >65 years old. Conclusion The increase in the concentration of air pollutants $PM_{2.5}$, $PM_{10}$, $SO_2$ and CO in Xi'an city can lead to an increase in the number of outpatient visits of respiratory system, and there is a lag effect. Elderly people should pay more attentions to the harm of $NO_2$ and $O_3$ to respiratory system.

KEYWORDS: air pollution; respiratory system; daily outpatient visits; case-crossover study

近年来，随着我国经济的快速发展和城市化进程的飞速加快，机动车数量持续增加，各类能源使用量大幅提升，排放到大气中的污染物越来越多，成分越来越复杂，致使空气污染问题日益严重。2019年全球疾病负担报告表明，空气污染会直接或间接地影响人群健康，室外细颗粒物暴露是世界第五大死亡风险因素，造成420万人死亡[1]。空气污染对人体的急性伤害表现为呼吸道或心脏症状，长期可能影响

---

DOI：10.19347/j.cnki.2096-1413.202407001
基金项目：2020年西安市第七批科技计划项目[No.20YXYJ0001(7)]；医学科研发展基金项目-临床与基础研究专项（No.B21021BN）。
作者简介：王巧云（1997— ），女，学士。研究方向：危重症医学。
* 通讯作者：王胜昱，E-mail:wangshengyu@yeah.net.

身体的各个器官，日益严重的空气污染受到各界人士的广泛关注。人体依靠呼吸系统与外界进行气体交换，吸入氧气的同时还伴有大气污染物，常见的室外空气污染物包括可吸入颗粒物（particulate matter of aerodynamic diameter≤10 μm, PM$_{10}$）、细颗粒（particulate matter with an aerodynamic diameter < 2.5 μm, PM$_{2.5}$）、二氧化硫（sulfur dioxide, SO$_2$）、二氧化氮（nitrogen dioxide, NO$_2$）、一氧化碳（carbon monoxide, CO）和臭氧（ozone, O$_3$），其均会诱发呼吸系统疾病[2]。本研究以西安市为例，探讨空气污染对当地居民呼吸系统疾病的影响，为控制空气污染、减少呼吸系统疾病的发生提供一定参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 呼吸科日门诊就诊资料

收集2016年1月1日至2019年12月31日西安医学院第一附属医院呼吸与危重症医学科的日间门诊病历资料，包含患者姓名、性别、出生日期、就诊日期、住址等。患者基本为附近居民，长期居住于西安市，能一定程度代表西安市居民呼吸门诊情况。

### 1.2 空气污染物资料

数据来源于真气网（https://www.zq12369.com/environment.ph）（该网记录中国环境监测总站每日大气数据），为城区多个监测点的均值，数据真实可靠。收集西安市2016年1月1日至2019年12月31日空气污染数据，包括PM$_{2.5}$、PM$_{10}$、SO$_2$、NO$_2$、CO日均值和O$_3$日最大8 h均值。

### 1.3 气象数据资料

从真气网获得同时期的气象数据资料，包括每日的平均温度（℃）和平均湿度（%）。

### 1.4 人群划分

为了研究空气污染物对不同人群的影响，已将研究对象按照不同年龄（<35岁、35~65岁、>65岁）进行分层。

### 1.5 统计学方法

本研究所有统计过程均使用R软件4.2.2和SPSS26.0。对数据进行前处理，筛除出生日期缺失、缺失就诊日期对应的空气污染物、污染物日均值缺失数据。对气象数据、空气污染物浓度进行描述性分析，指标包括平均数、中位数、最小值、最大值、百分位数（P$_{25}$、P$_{50}$、P$_{75}$）、四分位间距（interquartile range, IQR）来描述其集中离散趋势，日门诊就诊人数及所占百分比，相关性采用Spearman秩相关法描述。本研究采用病例交叉设计[3]研究空气污染物短期暴露对呼吸系统疾病门诊量的影响，将空气污染物最大滞后天数设定为7 d，采用单日滞后和累计滞后两种模式评估空气污染物对呼吸系统门诊就诊量的影响。单日滞后表示为lag0、lag1……lag7，其中lag0代表暴露当日；累计滞后表示为lag01、lag02……lag07，其中lag01代表暴露当日及滞后1 d的累计效应，以此类推。对于敏感性分析，选取单污染物模型中暴露影响效应最明显的滞后日作为研究对象，控制其他混杂因素，通过建立双污染物模型查看污染物的效应是否仍具有统计学意义来检验模型的稳健性。

## 2 结果

### 2.1 描述性分析

西安医学院第一附属医院2016—2019年共109 406人就诊于呼吸科门诊，最少每日就诊23人，最多就诊193人，日均门诊就诊人次为75。从年龄分层来看，<35岁、35~65岁和>65岁患者就诊人次分别为43 383（39.65%）、50 242（45.92%）、15 781（14.42%），日均就诊人次分别为29、34、10，最少每日就诊人次分别为8、7、0，最多每日就诊人次分别为89、93、32，就诊患者以35~65岁人群居多，<35岁人群次之，>65岁人群最少。2016年1月1日至2019年12月31日西安医学院第一附属医院呼吸科的日门诊就诊量分布状况见表1。

**表1 2016—2019年西安医学院第一附属医院呼吸科门诊就诊量指标的描述性分析**

| 指标 | 类别 | 人数 | 平均数 | 最小值 | P$_{25}$ | P$_{50}$ | P$_{75}$ | IQR | 最大值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 门诊量 | | 109 406 | 75.09 | 23.00 | 58.00 | 72.00 | 87.00 | 29.00 | 193.00 |
| 年龄 | <35岁 | 43 383 | 29.78 | 8.00 | 22.00 | 27.00 | 35.00 | 13.00 | 89.00 |
| | 35~65岁 | 50 242 | 34.48 | 7.00 | 26.00 | 33.00 | 41.00 | 15.00 | 93.00 |
| | >65岁 | 15 781 | 10.83 | 0.00 | 7.00 | 10.00 | 14.00 | 17.00 | 32.00 |

2016—2019年西安市日均温度和湿度分别为15.28 ℃、64.59%，空气污染物PM$_{2.5}$、PM$_{10}$、SO$_2$、NO$_2$、CO、O$_3$的浓度均值分别为65.61 μg/m$^3$、122.83 μg/m$^3$、14.44 μg/m$^3$、51.85 μg/m$^3$、1.32 mg/m$^3$、50.31 μg/m$^3$，最高浓度分别为490.00 μg/m$^3$、591.00 μg/m$^3$、72.00 μg/m$^3$、124.00 μg/m$^3$、5.37 mg/m$^3$、149.00 μg/m$^3$。根据相关空气质量标准[4]，二类地区各空气污染物二级年浓度限值：PM$_{2.5}$为35 μg/m$^3$、PM$_{10}$为70 μg/m$^3$、SO$_2$为60 μg/m$^3$、NO$_2$为40 μg/m$^3$、CO为4 mg/m$^3$、O$_3$为200 μg/m$^3$。在本次研究期间，空气污染物PM$_{2.5}$、PM$_{10}$、NO$_2$日均

值超过国家环境空气质量二级标准限值，可见西安市空气污染物主要为$PM_{2.5}$、$PM_{10}$ 以及 $NO_2$。2016—2019 年西安市气象数据及空气污染物的分布特征见表 2。

**表 2 2016—2019 年西安市气象数据和空气污染物的描述性分析**

| 指标 | 类别 | 平均数 | 最小值 | $P_{25}$ | $P_{50}$ | $P_{75}$ | IQR | 最大值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 气象数据 | 温度(℃) | 15.28 | -7.00 | 6.00 | 16.00 | 24.00 | 18.00 | 34.50 |
|  | 湿度(%) | 64.59 | 13.00 | 51.00 | 64.00 | 79.50 | 29.00 | 99.00 |
| 空气污染物 | $PM_{2.5}$(μg/m³) | 65.61 | 5.00 | 29.00 | 45.00 | 80.00 | 51.00 | 490.00 |
|  | $PM_{10}$(μg/m³) | 122.83 | 10.00 | 66.00 | 97.00 | 154.00 | 88.00 | 591.00 |
|  | $SO_2$(μg/m³) | 14.44 | 2.00 | 7.00 | 11.00 | 18.00 | 11.00 | 72.00 |
|  | $NO_2$(μg/m³) | 51.85 | 5.00 | 36.00 | 49.00 | 65.00 | 29.00 | 124.00 |
|  | CO(mg/m³) | 1.32 | 0.34 | 0.90 | 1.14 | 1.55 | 0.65 | 5.37 |
|  | $O_3$(μg/m³) | 50.31 | 4.00 | 23.00 | 45.00 | 72.00 | 49.00 | 149.00 |

### 2.2 相关性分析

气象数据和空气污染物 Spearman 秩相关系数见图 1。温度与 $O_3$ 呈正相关($r=0.79$，$P<0.01$)；温度与 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、$NO_2$、CO 呈负相关($P<0.01$)；湿度与 CO 不相关($r=0.00$)；湿度与 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、$NO_2$、$O_3$ 呈负相关($P<0.01$)。空气污染物中 $O_3$ 与 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、$NO_2$、CO 均呈负相关，$PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、$NO_2$、CO 两两之间均呈明显正相关($r>0.60$)，其中 $PM_{2.5}$ 与 $PM_{10}$ 相关性最高($r=0.92$，$P<0.01$)。

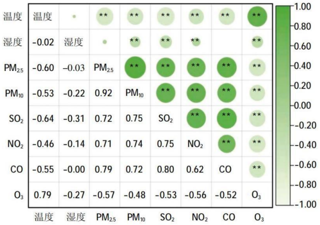

**图 1 气象数据和空气污染物 Spearman 秩相关系数**

注：$^{*}P\leq0.05$，$^{**}P\leq0.01$。

### 2.3 空气污染物对呼吸系统疾病门诊人次影响的滞后效应

6 种空气污染物对呼吸系统门诊就诊量总体影响见图 2。$PM_{2.5}$ 单日滞后危害效应仅在 d1(lag1)有意义[RR=1.005(95%CI 1.001~1.009)]，累计滞后效应于 d3、d4(lag03、lag04)有意义，并且危害逐日增加，于 lag04 达最大值。lag04 时，$PM_{2.5}$ 每增加 IQR 的浓度，总体人群呼吸系统门诊就诊风险为 RR=1.017(95%CI 1.001~1.034)。$PM_{10}$ 对人体呼吸系统危害累计滞后效应与 $PM_{2.5}$ 相似，但总体时限长于 $PM_{2.5}$，其单日滞后 d1~d5(lag1~lag5)RR 值均有意义，呈逐日缓慢递减趋势，累计滞后效应危害在累计滞后 d2~d7(lag02~lag07)逐日增加，在 lag07 对门诊就诊量影响最大，$PM_{10}$ 每增加 IQR 的浓度，总人群呼吸系统门诊就诊风险增加 4.26%(95%CI 1.73%~6.87%)。

气态污染物 $SO_2$ 除在 lag1、单日滞后 d7(lag7)和累计滞后 d1(lag01)无意义外，其余滞后区间内对呼吸系统门诊就诊量均有危害，在单日滞后效应呈逐日降低趋势，在 lag02~lag07 呈逐日上升趋势，累计滞后效应危害总体明显高于单日滞后效应，lag07 的危害作用最明显[RR=1.070(95%CI 1.024~1.118)]。CO 仅在 lag03、lag04 有意义，分别为 RR=1.025(95%CI 1.002~1.049)、RR=1.027(95%CI 1.001~1.054)。$NO_2$ 对人群呼吸门诊就诊量影响在单日滞后效应均呈逐日降低，累计滞后危害均呈逐日递增，$O_3$ 单日滞后区间内呈先升高后降低，累计滞后区间内呈先降低后增高，但两者对门诊就诊量的影响在整个滞后区间内均无意义。

**2.3.1** 空气污染物对不同年龄人群呼吸系统门诊就诊量的影响。6 种空气污染物在不同滞后天数下对不同年龄人群的呼吸系统门诊就诊量的影响见图 3。$PM_{2.5}$ 对<35 岁和 35~65 岁人群门诊就诊量影响与总体人群影响相似，单日滞后呈逐日递减，累计滞后呈逐日递增趋势，但均无统计学意义；对于>65 岁人群在 lag1 和单日滞后 d2(lag2)，以及累计滞后 d1~d6(lag01~lag06)均有影响，单日滞后危害逐日递减，累计滞后的危害效应呈先增高，于 lag04 达最大值后逐日减低；lag04 时，$PM_{2.5}$ 每增加 IQR 的浓度，老年人群门诊就诊风险 RR=1.049(95%CI 1.012~1.087)。$PM_{10}$ 对不同年龄人群的呼吸系统门诊就诊量危害效应类似于 $PM_{2.5}$，但其危害效应较 $PM_{2.5}$ 更为显著：在<35 岁人群单日滞后 d1~d6(lag1~lag6)和 lag03~lag07 均有影响，且对呼吸系统门诊就诊量的影响呈缓慢逐日增加趋势，在 lag07 达到最大值[RR=1.068(95%CI 1.030~1.108)]；对 35~65 岁人群在滞后区间内危害少于<35 岁人群，

仅在单日滞后 d2~d4（lag2~lag4）和 lag04~lag06 有危害，累计滞后 d5（lag05）时 RR 值最大[RR=1.028（95%CI 1.003~1.054）]；对>65 岁人群呼吸系统门诊就诊量危害在单日滞后当日（lag0）、lag1 和 lag01~lag04 有统计学意义，在 lag03 对呼吸系统门诊就诊量的影响最明显[RR=1.042（95%CI 1.006~1.080）]。

$SO_2$ 对<35 岁人群呼吸系统门诊就诊量危害在滞后区间内均无统计学意义。对 35~65 岁人群在 lag2~lag5 和 lag04~lag06 均有危害，其危害效应在 lag06 时最为显著[RR=1.055（95%CI 1.004~1.109）]。$SO_2$ 对>65 岁人群呼吸系统的危害在持续时间和危害程度均明显高于<35 岁、35~65 岁人群，除 lag7 无影响外其余滞后天数均有意义，整体累计滞后危害效应明显高于单日滞后危害效应，在 lag07 时危害效应达顶峰[RR=1.216（95%CI 1.106~1.338）]。在年龄分层中，$NO_2$ 和 CO 对呼吸系统门诊就诊量影响效应相似，<35 岁和 35~65 岁人群在整个滞后区间内均无统计学意义，仅>65 岁人群呼吸系统门诊就诊量有危害，均表现为滞后当日即出现影响。$NO_2$ 在 lag0、lag1 和 lag01~lag04 有意义，lag02 危害效应最大[RR=1.090（95%CI 1.032~1.152）]。CO 在 lag0~lag2 和 lag01~lag07 均有意义，lag07 时 CO 浓度每增加 IQR，>65 岁人群门诊就诊风险增高 11.5%（95%CI 2.84%~20.89%）。$O_3$ 对不同年龄人群呼吸系统门诊就诊量的危害仅在>65 岁人群个别天数（lag4、lag5）有统计学意义，其 RR 分别为 1.034（95%CI 1.003~1.066）、1.032（95%CI 1.008~1.058）。

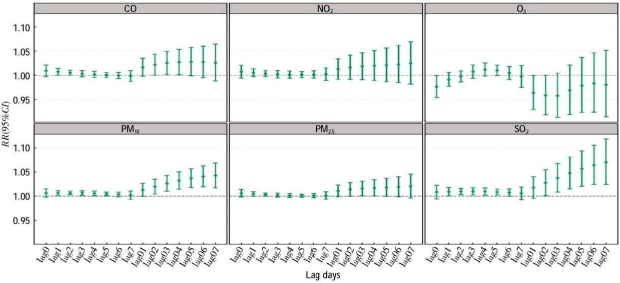

图 2　空气污染物对人群呼吸系统门诊就诊量的影响

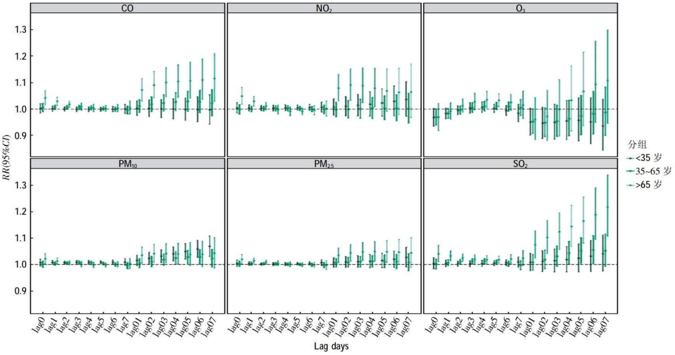

图 3　空气污染物对不同年龄人群门诊就诊量的影响

2.3.2 敏感性分析。建立双污染模型评估模型的稳健性，选择单污染模型中对呼吸系统门诊就诊量影响有意义的污染物模型，选择其危害效应最明显的滞后日为基础，分别纳入其他污染物。其中 $PM_{2.5}$ 与 $PM_{10}$ 呈高度相关（r=0.92），为避免多重共线性对模型稳健性的影响，不将其纳入同一模型[5]，$NO_2$ 和 $O_3$ 对于总体人群呼吸系统门诊就诊量的影响在整个滞后区间均无统计学意义，不单独建立双污染模型。结果显示：$PM_{2.5}$ 与 $PM_{10}$ 分别纳入 $SO_2$、$NO_2$、CO、$O_3$ 后 RR 值无明显变化，$PM_{2.5}$ 仅纳入 $O_3$ 后有统计学意义[RR=1.017（95%CI 1.001~1.034）]；$PM_{10}$ 纳入其他污染物后均有统计学意义，纳入 CO 时效应最强[RR=1.061（95%CI 1.027~1.096）]。$SO_2$ 和 CO 分别纳入其他污染物，$SO_2$ 纳入各个污染物后 RR 值均无明显改变，除纳入 $PM_{10}$ 后失去统计学意义外，其余污染物双模型均有意义；CO 在纳入 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、$NO_2$ 后对呼吸系统门诊就诊量的影响无意义，纳入 $O_3$ 后仍对呼吸系统门诊就诊量有影响[RR=1.026（95%CI 1.001~1.053）]。见表 3。

**表 3 双污染模型空气污染物与呼吸系统门诊就诊量之间的关系**

| 污染物 | | RR（95%CI） |
|---|---|---|
| $PM_{2.5}$ | NULL | 1.017（1.001~1.034）$^*$ |
| | $+SO_2$ | 1.008（0.989~1.027） |
| | $+NO_2$ | 1.017（0.998~1.037） |
| | +CO | 1.004（0.973~1.037） |
| | $+O_3$ | 1.017（1.001~1.034）$^*$ |
| $SO_2$ | NULL | 1.070（1.024~1.118）$^*$ |
| | $+PM_{2.5}$ | 1.060（1.011~1.112）$^*$ |
| | $+PM_{10}$ | 1.046（0.997~1.096） |
| | $+NO_2$ | 1.074（1.022~1.127）$^*$ |
| | +CO | 1.063（1.009~1.119）$^*$ |
| | $+O_3$ | 1.069（1.022~1.117）$^*$ |
| $PM_{10}$ | NULL | 1.043（1.017~1.069）$^*$ |
| | $+SO_2$ | 1.034（1.006~1.061）$^*$ |
| | $+NO_2$ | 1.049（1.020~1.078）$^*$ |
| | +CO | 1.061（1.027~1.096）$^*$ |
| | $+O_3$ | 1.045（1.019~1.071）$^*$ |
| CO | NULL | 1.027（1.001~1.054）$^*$ |
| | $+PM_{2.5}$ | 1.022（0.973~1.073） |
| | $+PM_{10}$ | 0.991（0.982~1.000） |
| | $+SO_2$ | 1.011（0.979~1.043） |
| | $+NO_2$ | 1.033（0.999~1.067） |
| | $+O_3$ | 1.026（1.001~1.053）$^*$ |

注：NULL 为单污染模型对应危害效应；$^*P<0.05$。

## 3 讨论

近年来，病例交叉设计方法已被广泛应用于研究空气污染的短期健康效应[6-7]。既往已有大量研究表明空气污染物的浓度与呼吸系统疾病门诊就诊量有关[8-10]，欧洲环境 2020 年报告就强调了意大利主要污染物导致的过早死亡人数：2018 年 $PM_{2.5}$ 为 5.23 万人，$NO_2$ 为 1.04 万人，$O_3$ 为 3 000 人[11]。陈帅等[12]的研究表明，宿迁市 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$NO_2$ 可能增加呼吸系统疾病发病风险，其中 $NO_2$ 更为明显。苏畅等[13]研究了北京市空气污染急性暴露对呼吸系统急诊就诊人次的影响，研究结果显示，$PM_{10}$、$NO_2$、$SO_2$ 浓度的升高可导致呼吸系统疾病急诊人次的增加。本研究采用了病例交叉设计，通过分布滞后非线性模型研究西安市空气污染对呼吸系统门诊就诊量的急性影响，研究表明 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、CO 日均浓度的升高对呼吸系统总门诊就诊量产生正相关影响，且有滞后效应。

分析本研究结果可知，$PM_{2.5}$、$PM_{10}$ 在其最佳滞后日（分别为 lag04、lag07）日均浓度每增加 IQR 的浓度，人群呼吸系统门诊就诊量的风险分别增加 1.71%（95%CI 0.06%~3.39%）、4.26%（95%CI 1.73%~6.87%）。颗粒污染物不仅本身作为刺激物会引起呼吸系统的防御反应如咳嗽、打喷嚏等，而且还具有一定的生物毒性，细颗粒物更易沉积于肺内，导致肺组织的氧化损伤，引起肺部炎症和免疫反应[6]。$SO_2$、CO（最佳滞后日分别为 lag07、lag04）日均浓度每增加 IQR 的浓度，对呼吸系统门诊量的影响分别增加 7.03%（95%CI 2.43%~11.84%）、2.71%（95%CI 0.13%~5.37%）。$SO_2$ 进入人体呼吸道后，因其易溶于水，大部分 $SO_2$ 被迅速阻滞在上呼吸道，在湿润的黏膜上生成具有腐蚀性的亚硫酸、硫酸和硫酸盐，使刺激作用增强，从而对人体产生危害。与 $SO_2$ 相比，CO 无刺激性，不易溶于水，易进入呼吸道，引起各种呼吸不适症状或疾病。$NO_2$ 和 $O_3$ 在本研究对总体人群呼吸系统疾病就诊未产生有效影响，直接氧化损伤或间接诱导气道炎症等可能参与 $NO_2$ 和 $O_3$ 对呼吸系统的损伤，与既往研究结果不尽相同，但大多都证实 $NO_2$ 和 $O_3$ 对女性和老人更具危害，此次结果的不同可能与研究地区的人口性别比例、年龄比例、研究时段、区域总体环境等都有关联，该结论与国内研究基本相符，但最大危害效应与滞后时间与我国石家庄[14]、舟山[15]、成都[8]、沈阳[16]等地存在差异，多考虑不同地区污染程度不同所致。何敏[17]的研究表明，大气 $PM_{2.5}$、$NO_2$ 和 $O_3$ 浓度的升高会导致中国人群非意外总死亡、心血管疾病和呼吸系统疾病的死亡率升高。不同地区、季节和人群中污染物的效应存在差异，Mo 等[18]研究了中国东南地区空气污染对呼吸系统疾病死亡率和门诊就诊的急性影响，结果也表明呼吸系统疾病的死

亡率、门诊就诊与空气污染显著相关，且不同空气污染物水平导致的死亡率和就诊率存在一定的地区差异。

分层分析结果显示：$PM_{10}$、$SO_2$ 对>65 岁人群危害作用更强，$PM_{2.5}$ 和 CO 仅对>65 岁人群呼吸系统门诊就诊产生影响，甚至对总体人群未见危害效应的 $NO_2$ 和 $O_3$ 也在年龄分层中表现出对>65 岁人群的危害效应，这多考虑与污染物对呼吸系统的作用机制有关，也不排除老年人大多患有呼吸系统慢性疾病的可能[19]。既往研究已证实，$O_3$ 可提高健康老年人肺部炎症水平，诱发氧化应激，降低肺功能，引起一定的呼吸系统症状[20]；胡雪姣等[21]对深圳市空气污染与呼吸系统疾病日门诊量的分析也提示，$O_3$ 对>65 岁人群有更大危害；Namdeo 等[19]对老年人群与 $NO_2$ 浓度对其健康影响的研究中也表明，$NO_2$ 对<80 岁的老年人有影响；Tao 等[22]对兰州市空气污染与呼吸道疾病的研究中，$NO_2$ 表现出对>65 岁人群的作用更强。$NO_2$ 和 $O_3$ 在总体人群未显示危害效应，多考虑老年人数占总体较少（14.4%）。

本研究证实，空气污染物浓度增加会导致呼吸系统门诊就诊量增加。本研究的样本量较大、持续时间较长，但存在以下不足：一是仅选取一所综合性三甲医院就诊数据，代表范围有一定的局限性；二是未纳入疾病类型研究，难以排除复诊和反复购药带来的数据偏差；三是未考虑季节效应，流感等的发生可能会在好发季节增加对应门诊量；四是无法排除室内污染对呼吸系统的影响，使结果受到一定影响。

综上所述，空气污染物 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、CO 浓度的升高可导致门诊就诊量的增加，并且存在滞后效应。因此为了保护人群健康，减少呼吸系统疾病的发生，政府部门有必要依据西安市空气质量状况制定有针对性的预防措施，尤其是减少 $PM_{2.5}$、$PM_{10}$、$SO_2$、CO 的排放，老年患者也应该注重 $NO_2$ 和 $O_3$ 对于呼吸系统疾病的危害。

**参考文献：**

[1] SCHRAUFNAGEL DE,BALMES JR,COWL CT,et al.Air pollution and noncommunicable diseases: a review by the forum of international respiratory societies' environmental committee, part 1: the damaging effects of air pollution[J]. Chest,2019,155(2):409-416.

[2] 李海平.大气主要污染物及其与人群健康的关系[J].江苏预防医学,2020,31(6):635-636,647.

[3] 张政,詹思延.病例交叉设计[J].中华流行病学杂志,2001,22(4):70-72.

[4] 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,2019.

[5] 张耀怡.兰州市主要空气污染物与心血管疾病住院风险的关联研究[D].兰州:兰州大学,2023.

[6] 翟文慧,黄志刚,路晶凯,等.北京市大气细颗粒污染物与老年呼吸系统疾病急诊就医关系的病例交叉研究[J].现代生物医学进展,2015,15(8):1461-1464.

[7] JAAKKOLA JJ.Case-crossover design in air pollution epidemiology[J].Eur Respir J Suppl,2003,40:81s-85s.

[8] 蒋先雁,印悦,陈剑宇,等.2014—2020 年成都市大气污染物与呼吸系统疾病门诊量的时间序列研究[J].江苏预防医学,2022,33(1):12-16.

[9] TAM WW,WONG TW,NG L,et al.Association between air pollution and general outpatient clinic consultations for upper respiratory tract infections in Hong Kong[J].PLoS One,2014,23,9(1):e86913.

[10] GAO HY,LIU XL,LU YK,et al.Short-term effects of gaseous air pollutants on outpatient visits for respiratory diseases: a case-crossover study in Baotou, China[J].Environ Sci Pollut Res Int,2022,29(33):49937-49946.

[11] DE MATTEIS S,FORASTIERE F,BALDACCI S,et al.Issue 1-"update on adverse respiratory effects of outdoor air pollution". Part 1): outdoor air pollution and respiratory diseases: a general update and an Italian perspective[J].Pulmonology,2022,28(4):284-296.

[12] 陈帅,周海泓,于蕾,等.空气污染物对呼吸系统疾病门诊量影响的时间序列分析[J].江苏预防医学,2022,33(1):8-11.

[13] 苏畅,郭玉明,ULRICH FRANCK,等.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.

[14] 白子娜,段争.石家庄市大气颗粒物($PM_{10}$/$PM_{2.5}$)对下呼吸道感染住院影响的病例交叉研究[J].解放军医学杂志,2016,41(2):123-129.

[15] 张永利,戴亚欣.舟山市空气污染物对呼吸门诊就诊人数的影响研究[J].中国预防医学杂志,2017,18(10):753-757.

[16] 洪也,张莹,马雁军,等.沈阳大气污染物与气象因素对呼吸疾病门诊数的影响[J].中国环境科学,2020,40(9):4077-4090.

[17] 何敏.中国 96 个区/县大气 $PM_{2.5}$、$NO_2$ 和 $O_3$ 对人群死亡的急性效应及其交互作用[D].北京:中国疾病预防控制中心,2021.

[18] MO Z,FU QL,ZHANG LF,et al.Acute effects of air pollution on respiratory disease mortalities and outpatients in Southeastern China[J].Sci Rep,2018,8(1):3461.

[19] NAMDEO A,TIWARY A,FARROW E.Estimation of age-related vulnerability to air pollution: assessment of respiratory health at local scale[J].Environ Int,2011,37(5):829-837.

[20] 孙贝贝,宋杰,姜静,等.短期臭氧暴露致健康老年人呼吸系统效应的定组研究[J].环境与职业医学,2021,38(2):125-131.

[21] 胡雪姣,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):583-588.

[22] TAO Y,MI SQ,ZHOU SH,et al.Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in Lanzhou, China[J]. Environ Pollut,2014,185:196-201.