

大气PM_{2.5}与呼吸系统、心脑血管疾病急救病例数的相关性研究

徐琪¹, 叶辉², 朱冰³, 傅华萍¹

1. 杭州市急救中心急救科, 浙江 杭州 310021; 2. 杭州市生态环境监测中心, 浙江 杭州 310007;
3. 杭州市疾病预防控制中心, 浙江 杭州 310021

摘要: **目的** 探讨大气细颗粒物 (PM_{2.5}) 与呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的相关性。**方法** 通过杭州市急救中心收集2018—2020年每日呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数; 通过杭州市生态环境监测中心收集同期日均气温、日均相对湿度、PM_{2.5}、可吸入颗粒物 (PM₁₀)、二氧化硫 (SO₂) 等气象和大气污染物资料; 采用广义相加模型分析PM_{2.5}与呼吸系统和心脑血管疾病急救病例数的相关性, 采用超额危险度 (ER) 及其95%CI作为风险估计值。**结果** 2018—2020年杭州市呼吸系统疾病和心脑血管疾病每日急救病例数 [M (Q_R)] 分别为14 (12) 和20 (7) 例, PM_{2.5}日均质量浓度为29.77 (21.32) μg/m³。PM_{2.5}累积暴露5 d或6 d时对呼吸系统急救病例数的影响最大, PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³, 呼吸系统疾病急救病例数增加1.93% (95%CI: 0.76%~3.11%); PM_{2.5}累积暴露4 d时对心脑血管疾病急救病例数的影响最大, PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³, 心脑血管疾病急救病例数增加1.88% (95%CI: 0.80%~2.97%)。PM_{2.5}累积暴露7 d时对≥60岁居民呼吸系统疾病急救病例数的影响最大, PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³, 急救病例数增加4.37% (95%CI: 2.70%~6.06%); PM_{2.5}累积暴露4 d时对≥60岁居民心脑血管疾病急救病例数的影响最大, PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³, 急救病例数增加2.24% (95%CI: 0.97%~3.52%); PM_{2.5}对<60岁居民呼吸系统和心脑血管疾病急救病例数未产生明显影响。**结论** 大气PM_{2.5}质量浓度升高可导致居民呼吸系统和心脑血管疾病日急救病例数增加, 尤其对60岁及以上居民影响较明显。

关键词: PM_{2.5}; 呼吸系统疾病; 心脑血管疾病; 急救

中图分类号: R122.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087 (2022) 07-0710-05

Correlation between atmospheric PM_{2.5} and emergency call for respiratory and cardio-cerebrovascular diseases

XU Qi¹, YE Hui², ZHU Bing³, FU Huaping¹

1. Department of Emergency, Hangzhou Emergency Medical Center, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; 2. Hangzhou Center for Ecological and Environmental Monitoring, Hangzhou, Zhejiang 310007, China; 3. Hangzhou Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou, Zhejiang 310021, China

Abstract: Objective To examine the correlation between atmospheric PM_{2.5} and emergency call for respiratory diseases. **Methods** The daily emergency call for respiratory and cardio-cerebrovascular diseases was collected from Hangzhou Emergency Medical Center from 2018 to 2020, and meteorological and atmospheric pollutant data were collected from Hangzhou Municipal Center for Ecological and Environmental Monitoring during the same period, including daily mean air temperature, daily mean relative humidity, PM_{2.5}, PM₁₀ and SO₂ levels. The correlation between atmospheric PM_{2.5} and emergency call for respiratory and cardio-cerebrovascular diseases was examined using a generalized additive model, and the risk of emergency call was predicted using excessive risk (ER) and its 95%CI. **Results** The daily mean emergency call was 14 (interquartile range, 12) cases for respiratory diseases and 20 (interquartile range, 7) cases for cardio-cere-

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2022.07.013

作者简介: 徐琪, 本科, 主管护师, 主要从事院前急救、护理管理工作

通信作者: 徐琪, E-mail: 102684048@qq.com

brovascular diseases in Hangzhou City from 2018 to 2020, and the daily mean PM_{2.5} mass concentration was 29.77 (interquartile range, 21.32) μg/m³. Cumulative exposure to PM_{2.5} for 5 or 6 d caused the largest effect on the emergency call for respiratory diseases, and an increase in PM_{2.5} by 10 μg/m³ led to a 1.93% (95%CI: 0.76%–3.11%) rise in the emergency call for respiratory diseases. Cumulative exposure to PM_{2.5} for 4 d caused the largest effect on the emergency call for cardio-cerebrovascular diseases, and an increase in PM_{2.5} by 10 μg/m³ led to a 1.88% (95%CI: 0.80%–2.97%) rise in the emergency call for cardio-cerebrovascular diseases. Cumulative exposure to PM_{2.5} for 7 d caused the largest effect on the emergency call for respiratory diseases among residents aged 60 years and older, and an increase in PM_{2.5} by 10 μg/m³ led to a 4.37% (95%CI: 2.70%–6.06%) rise in the emergency call for respiratory diseases. Cumulative exposure to PM_{2.5} for 4 d caused the largest effect on the emergency call for cardio-cerebrovascular diseases among residents aged 60 years and older, and an increase in PM_{2.5} by 10 μg/m³ led to a 2.44% (95%CI: 0.97%–3.52%) rise in the emergency call for cardio-cerebrovascular diseases. However, exposure to PM_{2.5} had no marked effects on emergency call for respiratory or cardio-cerebrovascular diseases among residents aged <60 years. **Conclusions** Elevated atmospheric PM_{2.5} mass concentration may lead to an increase in the daily emergency calls for respiratory and cardio-cerebrovascular diseases, notably among residents aged 60 years and older.

Keywords: PM_{2.5}; respiratory disease; cardio-cerebrovascular disease; emergency healthcare

2016 年全球疾病负担研究显示, 大气污染是造成疾病负担的第五大原因^[1]。研究表明, 大气污染物浓度的增加可使人群疾病发生风险升高, 表现为居民急诊人次、入院率及死亡率的升高。细颗粒物 (PM_{2.5}) 作为重要的大气污染物指标之一, 其较大的表面积可以轻松吸附重金属和微生物等有害物质, 且在空气中停留的时间长, 对人体健康和大气环境质量的影响更大。相关研究显示, 大气 PM_{2.5} 与日总急救量、呼吸系统日急救量以及循环系统日急救量呈正相关, 于滞后 2 天对日急救量和呼吸系统日急救量的影响更明显^[2]。本研究收集 2018—2020 年杭州市呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救及大气污染物资料, 采用时间序列分析方法探讨大气 PM_{2.5} 对居民呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的影响, 为大气污染导致的健康危害预警及防治提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 居民急救资料来自杭州市急救中心。气象和大气污染物资料来自杭州市生态环境监测中心。

1.2 方法 收集 2018—2020 年杭州市急救医疗数据, 按照《疾病和有关健康问题的国际统计分类 (第十次修订本)》(ICD-10) 对初诊疾病进行分类, 统计每日呼吸系统疾病 (J00~J99) 和心脑血管疾病 (I60~I69, I21~I25, I47~I49, I50) 的急救病例数。收集 2018—2020 年杭州市日均温度、日均相对湿度、PM_{2.5}、可吸入颗粒物 (PM₁₀)、二氧化硫 (SO₂)、二氧化氮 (NO₂)、一氧化碳 (CO) 浓度和每日 O₃ 浓度 8 小时滑动平均值 (O₃ 8-hour sliding average, O₃-8 h)。描述 2018—2020 年杭州市呼吸系

统疾病和心脑血管疾病急救病例数的时间分布特征。

呼吸系统疾病和心脑血管疾病的急救病例数符合泊松分布, 因此采用广义相加模型分析 PM_{2.5} 质量浓度对居民呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的影响。混杂因素包括长期时间趋势、气象因素和“星期几效应” (day of the week, DOW), 采用平滑样条函数拟合长期时间趋势和气象因素, 采用哑变量控制 DOW, 模型表达式如下:

$$\text{Log}E[Y_t] = \beta P_t + S(\text{time}, v) + S(\text{temp}, 3) + S(\text{rhum}, 3) + \text{DOW}_t$$

式中: Y_t 为第 t 日急救病例数; $E[Y_t]$ 为第 t 日呼吸系统疾病或心脑血管疾病急救期望病例数; β 为回归系数; P 为 PM_{2.5} 日均质量浓度; S 为平滑样条函数; time 为长期趋势; temp 为日均温度; rhum 为日均相对湿度; DOW 为星期几效应; v 为自由度, 时间的 v 根据基础模型残差的偏自相关绝对值之和最小原则选取, 设定为 18 (9/a), 日均温度和日均相对湿度的 v 均设为 3^[3]。

PM_{2.5} 对人群健康的影响具有滞后性, 故本研究分析 PM_{2.5} 污染单独滞后 0~7 d (即当日 PM_{2.5} 质量浓度对第 n 日急救病例数的影响, n 为滞后天数, 表示为 lag0~lag7) 和累积滞后 0~7 d (即 n 日内 PM_{2.5} 质量浓度均值对第 n 日急救病例数的影响, n 为滞后天数, 表示为 lag01~lag07) 对居民呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的影响。采用超额危险度 (excess risk, ER) 及其 95%CI 为风险估计值, 指 PM_{2.5} 质量浓度每升高 10 μg/m³ 导致呼吸系统疾病或心脑血管疾病急救病例数增加的百分比, 计算公式为 $ER = (RR - 1) \times 100\%$ 。

1.3 统计分析 资料不服从正态分布, 采用中位数

和四分位数间距 $[M(Q_R)]$ 描述。采用 GraphPad Prism 8 绘制散点图。采用 SPSS 19.0 软件 Spearman 秩相关分析大气污染物、气象指标和呼吸系统疾病急救人次及心脑血管疾病急救病例数之间的相关性。采用 R 3.5.3 软件包“mgcv”构建广义相加模型。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2018—2020年杭州市呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数分布特征

2018—2020年杭州市呼吸系统疾病和心脑血管疾病每日急救病例数分别为 14 (12) 和 20 (7) 例。日均温度为 19.05 (14.73) $^{\circ}\text{C}$ ，日均相对湿度为 74 (21) %，大气主要

污染物 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 -8 h、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 日均质量浓度分别为 6.91 (3.45)、37.09 (20.50)、0.75 (0.24)、89.45 (74.14)、53.18 (37.95) 和 29.77 (21.32) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。依据 GB 3095—2012《环境空气质量标准》^[4]，2018—2020年杭州市 $\text{PM}_{2.5}$ 日均质量浓度有 50 d (4.56%) 超过了国家二级日均质量浓度标准 (75.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。杭州市 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度存在明显的季节特征，表现为 7—12 月逐渐升高，1—7 月逐渐降低。呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的时间分布变化与 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度几乎同步，见图 1。Spearman 秩相关分析结果显示， $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度与呼吸系统疾病急救病例数 ($r_s = 0.321$, $P < 0.001$) 和心脑血管疾病急救病例数 ($r_s = 0.116$, $P < 0.001$) 呈正相关。

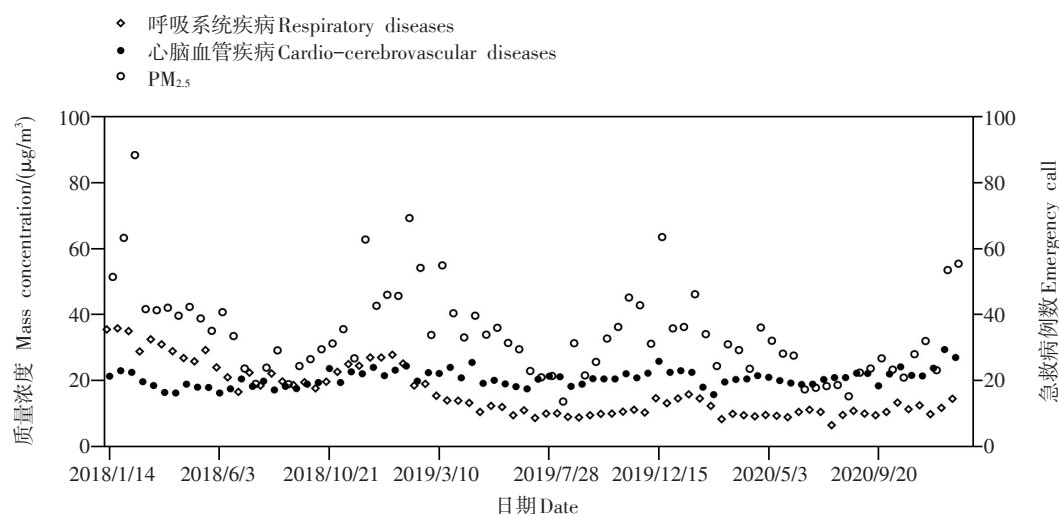


图 1 2018—2020年杭州市 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度、呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数时间分布

Figure 1 Time distribution of $\text{PM}_{2.5}$ mass concentration, emergency call for respiratory and cardio-cerebrovascular diseases in Hangzhou City from 2018 to 2020

2.2 广义相加模型分析结果

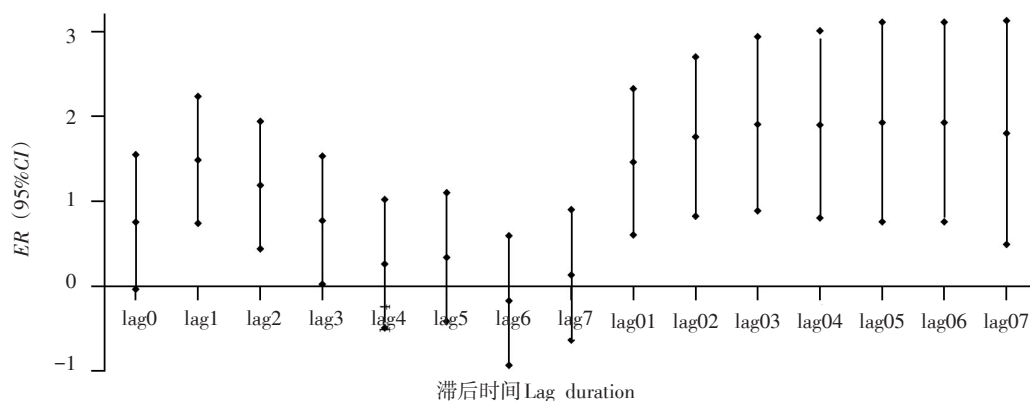
$\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度在滞后 0~2 d 和累积滞后 0~7 d 对呼吸系统疾病急救病例数的影响均有统计学意义，在累积滞后 5 d 或 6 d 时的影响最大， $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，呼吸系统疾病急救病例数增加 1.93% (95%CI: 0.76% ~ 3.11%)，见图 2。 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度在单独滞后 0~3 d 和累积滞后 0~7 d 时对心脑血管疾病急救病例数的影响均有统计学意义，在累积滞后 4 d 时的影响最大， $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，心脑血管疾病急救病例数增加 1.88% (95%CI: 0.80% ~ 2.97%)，见图 3。

按年龄分层分析显示， $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度对 ≥ 60 岁的居民呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的影响有统计学意义；在累积滞后 7 d 时对呼吸系统疾病急救病例数的影响最大， $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度每升高

10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，呼吸系统疾病急救病例数增加 4.37% (95%CI: 2.70% ~ 6.06%)；在累积滞后 4 d 时对心脑血管疾病急救病例数的影响最大， $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，心脑血管疾病急救病例数增加 2.24% (95%CI: 0.97% ~ 3.52%)。 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度对 < 60 岁居民呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的影响均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3 讨论

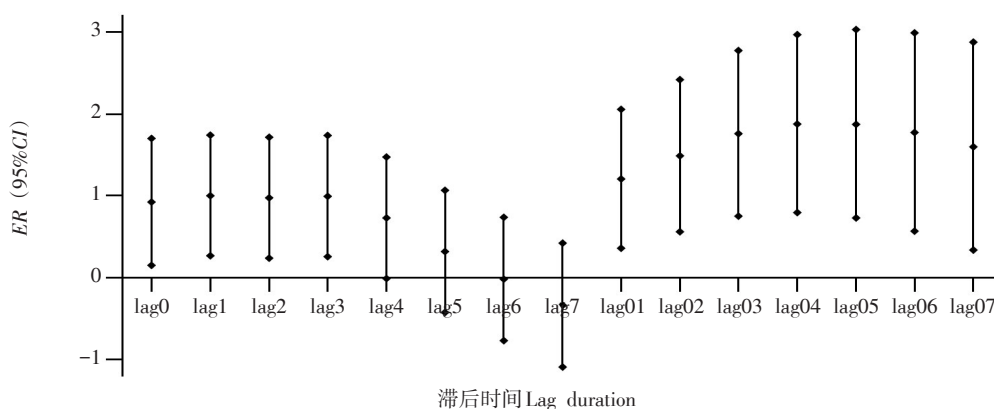
大气污染对人类健康的影响是全球公共卫生领域面临的重要挑战^[5]。 $\text{PM}_{2.5}$ 是目前研究最关注的大气污染物指标之一，能引起支气管上皮细胞氧化应激反应，损伤肺巨噬细胞功能，导致肺组织和气道损伤，引发或加重呼吸系统疾病^[6-7]；同时， $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与心脑血管疾病的发生和发展也存在重要的联系^[8]。广



注: lag0~lag7表示单独滞后0~7 d; lag01~lag07表示累积滞后1~7 d。Note: lag0~lag7, lag 0~7 days; lag01~lag07, cumulative lag 0~7 days.

图2 PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³呼吸系统疾病急救病例数增加风险

Figure 2 Increased risk of emergency call for respiratory diseases with an 10 μg/m³ increase of PM_{2.5}



注: lag0~lag7表示单独滞后0~7 d; lag01~lag07表示累积滞后1~7 d。Note: lag0~lag7, single lag 0~7 days; lag01~lag07, cumulative lag 0~7 days.

图3 PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³心脑血管疾病急救病例数增加风险

Figure 3 Increased risk of emergency call for cardio-cerebrovascular diseases with an 10 μg/m³ increase of PM_{2.5}

义相加模型可有效处理解释变量和效应变量之间复杂的非线性关系, 目前已被广泛应用于空气污染物与人群健康的流行病学研究中^[3, 9-12]。本研究采用广义相加模型定量分析了杭州市大气PM_{2.5}浓度与居民呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的相关性。

本研究结果显示, PM_{2.5}浓度对呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数具有显著影响, 且存在累积效应, 与既往研究结果^[13]一致。大气PM_{2.5}质量浓度对呼吸系统疾病急救病例数的影响在累积滞后5 d或6 d时最大, PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³, 呼吸系统疾病急救病例数增加1.93% (95%CI: 0.76%~3.11%)。与姜彩霞等^[9]研究结果相比, PM_{2.5}质量浓度对呼吸系统疾病急救风险影响的滞后期缩短, 风险提升度增加, 这可能与其它急救风险因素有关, 如人口老龄化^[14]。PM_{2.5}质量浓度对心脑血管疾病急救病例数的影响在累积滞后4 d时最大, 每升高10 μg/m³,

心脑血管疾病急救病例数增加1.88% (95%CI: 0.80%~2.97%)。值得注意的是, PM_{2.5}质量浓度升高对呼吸系统疾病急救病例数的影响比心脑血管疾病更明显, 可能与PM_{2.5}粒径小, 可深入细支气管和肺泡, 直接损伤或破坏肺功能有关^[15]。

针对不同年龄人群, 本研究发现PM_{2.5}质量浓度对60岁及以上居民呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数的影响较明显, 且有累积效应。在最大滞后作用期, PM_{2.5}质量浓度每升高10 μg/m³, 呼吸系统疾病急救病例数增加4.37% (95%CI: 2.70%~6.06%), 心脑血管疾病急救病例数增加2.24% (95%CI: 0.97%~3.52%)。姜彩霞等^[9]的研究也表明PM_{2.5}对65岁及以上人群呼吸系统疾病的发病风险影响更显著。提示PM_{2.5}暴露可能增加高龄人群呼吸系统疾病和心脑血管疾病的发病风险, 因为老年人免疫系统相对薄弱, 对大气颗粒物的刺激也更敏感^[13]。

本研究存在一定的局限性。急救资料来源于接诊时主诉记录,且存在疾病编码错误或缺失情况,故数据准确度较低;对自行就医人群未予考虑,存在选择偏倚。广义相加模型受自由度选择和纳入变量的影响较大,多污染物模型具有高于单独 PM_{2.5} 模型的效应值,但本研究未进行 PM_{2.5} 联合其他污染物的多污染物模型分析。此外,呼吸系统疾病和心脑血管疾病的发生还受吸烟、室内空气污染等因素影响,本研究用于评价个人暴露的危险因素不够全面,需设计更合理的定量评价标准。

综上所述,PM_{2.5} 质量浓度升高可导致呼吸系统疾病和心脑血管疾病急救病例数增加,且存在滞后效应,尤其对 60 岁及以上居民的效应更明显。

参考文献

- [1] GBD 2016 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *Lancet*, 2022, 390 (10100): 1345–1422.
- [2] 步犁, 范淑君, 蒋琴琴, 等. 广州市大气 PM_{2.5} 对居民日急救量影响的短期效应 [J]. *中国公共卫生管理*, 2021, 37 (3): 341–344.
BU L, FAN S J, JIANG Q Q, et al. Short-term effect of atmosphere PM_{2.5} on daily emergency of residents in Guangzhou City [J]. *Chin J Public Health Manag*, 2021, 37 (3): 341–344.
- [3] 樊琳, 顾清, 曾强. 广义相加模型在大气污染流行病学研究中的应用进展 [J]. *环境与职业医学*, 2019, 36 (7): 676–681.
FAN L, GU Q, ZENG Q. Progress in the application of generalized additive model in epidemiologic studies on air pollution [J]. *J Environ Occup Med*, 2019, 36 (7): 676–681.
- [4] 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, 2018.
Ministry of Environment Protection, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Ambient air quality standard: GB 3095–2012 [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2012.
- [5] 张俊鸿, 闫馨, 张俊. 空气污染与人体健康的关系 [J]. *山西医药杂志*, 2021, 50 (24): 3339–3341.
ZHANG J H, YAN X, ZHANG J. Relationship between air pollution and human health [J]. *Shanxi Med J*, 2021, 50 (24): 3339–3341.
- [6] ABBAS I, BADRAN G, VERDIN A, et al. *In vitro* evaluation of organic extractable matter from ambient PM_{2.5} using human bronchial epithelial BEAS-2B cells: cytotoxicity, oxidative stress, pro-inflammatory response, genotoxicity, and cell cycle deregulation [J]. *Environ Res*, 2019, 171: 510–522.
- [7] 赵云利, 赵宇欣, 何义胜, 等. 大气颗粒物呼吸系统毒性效应机制 [J]. *沈阳医学院学报*, 2018, 20 (4): 350–354.
ZHAO Y L, ZHAO Y X, HE Y S, et al. Molecular mechanisms for the respiratory toxic effect of air particulate matter [J]. *J Shenyang Med Coll*, 2018, 20 (4): 350–354.
- [8] FARHADI Z, ABULGHASEM G H, SHABANINEJAD H, et al. Association between PM_{2.5} and risk of hospitalization for myocardial infarction: a systematic review and a meta-analysis [J/OL]. *BMC Public Health*, 2020, 20 (1) [2022-05-21]. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-8262-3>.
- [9] 姜彩霞, 朱冰, 张龙. 2013—2014 年杭州市大气 PM_{2.5} 与呼吸系统疾病就诊人次的时间序列研究 [J]. *环境与职业医学*, 2018, 35 (7): 589–595.
JIANG C X, ZHU B, ZHANG L. Association between ambient PM_{2.5} and hospital visits for respiratory diseases in Hangzhou in 2013–2014: a time-series study [J]. *J Environ Occup Med*, 2018, 35 (7): 589–595.
- [10] 王高帅, 陈晓娟, 胡玉守, 等. 基于广义相加模型的郑州市大气污染与医院感染发生风险的关系分析 [J]. *郑州大学学报(医学版)*, 2020, 55 (5): 727–732.
WANG G S, CHEN X J, HU Y S, et al. Relationship between air pollution and hospital acquired infection in Zhengzhou City based on generalized additive model [J]. *J Zhengzhou Univ (Med Sci)*, 2020, 55 (5): 727–732.
- [11] 吴钦城. 大气污染对心脑血管疾病及其危险因素影响的研究 [D]. 青岛: 青岛大学, 2019.
WU Q C. Effects of air pollution on cardiovascular and cerebrovascular diseases and their risk factors [D]. Qingdao: Qingdao University, 2019.
- [12] 曹洋, 杨丽梅, 坑斌, 等. 居民每日死亡例数与空气污染物日均浓度的关系 [J]. *预防医学*, 2021, 33 (3): 231–235.
CAO Y, YANG L M, KENG B, et al. The relationship between air pollutants and mortality in Huairou District [J]. *Prev Med*, 2021, 33 (3): 231–235.
- [13] 张艳丽, 张培, 徐承中, 等. 空气污染与急性心肌梗死的相关性研究 [J]. *预防医学*, 2021, 33 (5): 479–483.
ZHANG Y L, ZHANG P, XU C Z, et al. The correlation of air pollution with acute myocardial infarction [J]. *Prev Med*, 2021, 33 (5): 479–483.
- [14] 付雅茜, 贺映红, 刘立, 等. 老龄化社会下构建社区医疗急救体系探讨 [J]. *护理研究*, 2016, 30 (35): 4474–4476.
FU Y Q, HE Y H, LIU L, et al. Discussion on the construction of community medical emergency system in an aging society [J]. *Chin Nurs Res*, 2016, 30 (35): 4474–4476.
- [15] 陈熙勳, 张皓旻, 顾万清, 等. 我国 PM_{2.5} 主要成分及对人体健康危害研究进展 [J]. *中华保健医学杂志*, 2019, 21 (1): 83–85.
CHEN X M, ZHANG H W, GU W Q, et al. Research progress of main components of PM_{2.5} and health hazards in China [J]. *Chin J Heal Care Med*, 2019, 21 (1): 83–85.

收稿日期: 2022-03-07 修回日期: 2022-05-21 本文编辑: 徐文璐