

# 乌鲁木齐市呼吸系统疾病空气质量健康指数的构建

时雨<sup>a</sup>, 武迪<sup>a</sup>, 依里帕·依力哈木<sup>a</sup>, 郑彦玲<sup>b</sup>, 张利萍<sup>b</sup>

新疆医科大学 a. 公共卫生学院 b. 医学工程技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830017



DOI 10.11836/JEOM23261

## 摘要:

**[背景]** 空气质量健康指数(AQHI)是根据空气污染和发病率/死亡率时间序列分析暴露-反应系数得出的,有助于了解空气污染对健康的整体短期影响。

**[目的]** 研究乌鲁木齐市空气污染物对呼吸系统疾病的影响,并制定相应的乌鲁木齐市呼吸系统疾病发病风险 AQHI。

**[方法]** 收集整理新疆乌鲁木齐市新疆医科大学第一附属医院 2017 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日呼吸系统逐日门诊量数据、同期气象资料(日均气温、日均相对湿度)及乌鲁木齐市大气污染物[细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)、可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)、臭氧(O<sub>3</sub>)]原始监测数据。采用时间分层病例交叉设计构建以准泊松分布为基础的分布滞后非线性模型。以空气污染物零浓度为基准,使用暴露-反应系数( $\beta$ 值)来量化不同空气污染物对于呼吸系统疾病就医风险的影响,建立 AQHI。比较 AQHI、空气质量指数(AQI)与呼吸系统疾病发病关联性,评估 AQHI 预测效果。

**[结果]** PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 浓度每增加 10  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  在累积滞后 3d(Lag03)和累积滞后 2d(Lag02)时超额就诊风险值最大,发病风险分别增加 0.687%(95%CI: 0.101%~1.276%)、17.609%(95%CI: 3.253%~33.961%)、13.344%(95%CI: 8.619%~18.275%)、4.921%(95%CI: 1.401%~8.502%),PM<sub>2.5</sub>、CO 滞后效应无统计学意义。依据结果选取 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 构建 AQHI。结果显示,AQHI 每升高一个四分位数间距全人群、不同性别人群、不同年龄人群、不同季节就诊人群呼吸系统疾病就诊风险的超额风险均高于 AQI 的相应指标值。

**[结论]** 乌鲁木齐市 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 对呼吸系统疾病门诊就诊人次有影响,构建的乌鲁木齐市呼吸系统疾病发病风险 AQHI 与 AQI 相比预测大气污染对呼吸系统健康的影响更强。

**关键词:** 空气污染;呼吸系统疾病;空气质量健康指数;空气质量指数;日门诊人次

**Construction of air quality health index for respiratory diseases in Urumqi** SHI Yu<sup>a</sup>, WU Di<sup>a</sup>, Yilipa YILIHAMU<sup>a</sup>, ZHENG Yanling<sup>b</sup>, ZHANG Liping<sup>b</sup> (a. School of Public Health b. School of Medical Engineering and Technology, Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang 830017, China)

## Abstract:

**[Background]** Air quality health index (AQHI) is derived from exposure-response coefficients calculated from air pollution and morbidity/mortality time series, which helps to understand the overall short-term health impacts of air pollution.

**[Objective]** To study the effects of common air pollutants on respiratory diseases in Urumqi and to develop an AQHI for the risk of respiratory diseases in the city.

**[Methods]** The daily outpatient volume data of respiratory diseases from The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, meteorological data (daily mean temperature and daily mean relative humidity), and air pollutants [fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>), inhalable particulate matter (PM<sub>10</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), carbon dioxide (CO), and ozone (O<sub>3</sub>)] in Urumqi City, Xinjiang, China were collected from January 1, 2017 to December 31, 2021. A distributed lag nonlinear model based on quasi-Poisson distribution was constructed by time-stratified case crossover design. Adopting zero concentration of air pollutants as reference, the exposure-response coefficient ( $\beta$  value) was used to quantify the impact of included air pollutants on the risk of seeking medical treatment for respiratory diseases, and the AQHI was established.

## 基金项目

国家自然科学基金资助项目(72064036、72174175、72163033)

## 作者简介

时雨(2000—),女,硕士生;

E-mail: 1539517001@qq.com

## 通信作者

张利萍, E-mail: zhanglp1219@163.com

作者中包含编委会成员 无

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2023-08-06

录用日期 2024-01-17

文章编号 2095-9982(2024)03-0276-06

中图分类号 R12

文献标志码 A

## 引用

时雨,武迪,依里帕·依力哈木,等.乌鲁木齐市呼吸系统疾病空气质量健康指数的构建[J].环境与职业医学,2024,41(3):276-281.

## 本文链接

[www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM23261](http://www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM23261)

## Funding

This study was funded.

## Correspondence to

ZHANG Li ping, E-mail: zhanglp1219@163.com

## Editorial Board Members' authorship

No

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2023-08-06

Accepted 2024-01-17

## To cite

SHI Yu, WU Di, Yilipa YILIHAMU, et al. Construction of air quality health index for respiratory diseases in Urumqi[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2024, 41(3): 276-281.

## Link to this article

[www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM23261](http://www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM23261)

The association of between AQHI and the incidence of respiratory diseases and between air quality index (AQI) and the incidence of respiratory diseases was compared to evaluate the prediction effect of AQHI.

**[Results]** Each  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  increase in  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , and  $\text{O}_3$  concentrations presented the highest excess risk of seeking outpatient services at 3 d cumulative lag (Lag03) and 2d cumulative lag (Lag02), with increased risks of morbidity of 0.687% (95%CI: 0.101%, 1.276%), 17.609% (95%CI: 3.253%, 33.961%), 13.344% (95%CI: 8.619%, 18.275%), and 4.921% (95%CI: 1.401%, 8.502%), respectively. There was no statistically significant  $\text{PM}_{2.5}$  or CO lag effect. An AQHI was constructed based on a model containing  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , and  $\text{O}_3$ , and the results showed that the excess risk of respiratory disease consultation for the whole population, different genders, ages, or seasons for each inter-quartile range increase in the AQHI was higher than the corresponding value of AQI.

**[Conclusion]**  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , and  $\text{O}_3$  impact the number of outpatient visits for respiratory diseases in Urumqi, and the constructed AQHI for the risk of respiratory diseases in Urumqi outperforms the AQI in predicting the effect of air pollution on respiratory health.

**Keywords:** air pollution; respiratory disease; air quality health index; air quality index; daily outpatient visit

大气污染在环境暴露相关疾病的发生中扮演着重要角色, 每年导致全球 370 万人死亡, 已被确定为全球最大的环境健康风险<sup>[1]</sup>。人类活动是导致环境空气污染物二氧化硫(sulfur dioxide,  $\text{SO}_2$ )、二氧化氮(nitrogen dioxide,  $\text{NO}_2$ )、一氧化碳(carbon monoxide, CO)、臭氧(ozone,  $\text{O}_3$ )、细颗粒物(fine particulate matter with median aerodynamic diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ )和可吸入颗粒物(particulate matter with median aerodynamic diameter  $\leq 10 \mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{10}$ )增加的主要原因<sup>[2]</sup>。构建有效的评价标准, 对保护公众免受空气污染, 降低健康风险有重要意义。目前, 全球许多国家和地区均采用简单易懂的数字标度空气质量指数(air quality index, AQI)作为空气质量状况的评价指标。AQI 的计算参考标准偏差最大的污染物确定, 以单一空气污染物指数反映整体空气污染水平, 无法捕捉多种空气污染物的综合效应。有研究表明, AQI 并不能反映污染物与死亡率或发病率的无阈值暴露-反应关系<sup>[2-3]</sup>。相较于 AQI, 由加拿大环境部和加拿大卫生部(The Environment Canada and Health Canada)开发并采用的空气质量健康指数(air quality health index, AQHI), 可更全面反映各种空气污染物与不良健康结果之间的暴露-反应关系<sup>[4]</sup>。近年来, 瑞典和中国的一些城市, 如上海、石家庄、香港、广州等, 已尝试建立了适应性的 AQHI。与 AQI 相比, AQHI 表现出与健康结果更强的短期关联, 可更准确地预测人群死亡率和发病率<sup>[2, 4-6]</sup>。

随着城市化进程的加速, 工业规模不断扩大, 乌鲁木齐市是三面环山且有特殊气候条件的城市, 面临着空气质量恶化的挑战。这项研究的目的是探索呼吸系统疾病发病风险受空气污染物影响的情况, 建立乌鲁木齐市呼吸系统疾病发病风险 AQHI。研究可为人群直观衡量空气污染对健康的不利影响, 为相关部门制定环境保护及科学防治呼吸系统疾病提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

收集整理新疆乌鲁木齐市新疆医科大学第一附属医院 2017 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日呼吸系统逐日门诊量数据, 包括就诊时间、个人基本信息(性别、年龄、居住地等)、呼吸系统门诊诊断及国际疾病分类第十版(International Classification of Disease 10th Revision, ICD-10)编码等信息。该医院是新疆最大的三级甲等综合医院之一, 位于乌鲁木齐市人口最多的城区, 就诊人群覆盖整个市区。根据收集的数据显示, 当地居民就医比例较高, 能较完整地反映乌鲁木齐市呼吸系统疾病的发病情况。根据 ICD-10, 选择乌鲁木齐市在呼吸系统疾病列表(J00~J99)中的门诊就诊患者群体。同期气象资料主要来自中国气象局, 包含了每日平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )、平均相对湿度(%). 同期空气污染物指标来自当地环境保护局, 包括乌鲁木齐市 6 个监测站点逐日的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、可吸入颗粒物(particulate matter with median aerodynamic diameter  $\leq 10 \mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{10}$ )、CO 的日平均质量浓度(浓度)资料和  $\text{O}_3$  的 8 h 最高浓度资料。

### 1.2 分析方法

**1.2.1 描述性统计** 呼吸系统疾病就诊人次、空气污染物和气象数据用最小值(Min)、第 25 百分位数( $P_{25}$ )、中位数(M)、第 75 百分位数( $P_{75}$ )、最大值(Max)、均值( $\bar{x}$ )来描述。

**1.2.2 时间序列分析** 相较于总人口而言, 呼吸系统疾病发病实际分布近似泊松分布, 发病概率极小。本研究采用时间分层的病例交叉设计构建以准泊松(quasi-Poisson)分布为基础的分布滞后非线性模型(distributed lag nonlinear model, DLNM)。对于每个门诊病例, 将病例日定义为就诊事件的日期, 而对照日则被定义为病例日同月的其他日期, 同时共享同一周

的同一天。通常每个病例日有 3~4 个控制日,以控制长期趋势、季节性和当天为周几(“星期几效应”)的影响<sup>[1,7]</sup>。

使用 DLNM 估计基于交叉基函数的非线性滞后-响应关联。模型可表示为:

$$\log[E(Y_t)] = \alpha + \beta_t z_t + ns(\text{temp}, df) + ns(\text{rh}, df) + \gamma \text{Stratat} \quad (1)$$

式(1)中:  $Y_t$  为第  $t$  天的日呼吸门诊量,  $\alpha$  为截距,  $\beta_t$  为暴露与反应之间关系的系数,  $z_t$  为第  $t$  天空气污染物浓度,  $ns$  为自然立方样条函数,  $df$  为自由度,  $\text{temp}$  为日均温度,  $\text{rh}$  为相对湿度, 日均温度及日均相对湿度自由度设为 3,  $\text{Stratat}$  为时间层变量。参照以往研究, 主要关注滞后当天至滞后 3 d 时大气污染物对呼吸系统疾病就诊的影响<sup>[8]</sup>。本研究旨在研究呼吸系统疾病发病风险与空气污染物暴露之间存在的单独滞后效应(Lag0~Lag3)和累积滞后效应(Lag01~Lag03), 确认空气污染物对呼吸系统疾病导致的患者就诊次数的影响。

**1.2.3 AQHI 的构建** 以大气污染物零浓度为基准, 使用暴露-反应系数  $\beta$  来量化不同空气污染物对于呼吸系统疾病就医风险的影响。

$$ER_{it} = 100 \times [\exp(\beta \cdot \rho_{it}) - 1] \quad (2)$$

$$ER_t = \sum_{i=1}^n ER_{it} \quad (3)$$

$$AQHI = 10 \times \left( \sum_{i=1}^n ER_{it} \right) / ER_{it(\max)} \quad (4)$$

式(2)(3)(4)中:  $ER_{it}$  为第  $t$  天某种空气污染物  $i$  对人们呼吸系统疾病超额就诊风险的影响;  $\rho_{it}$  为空气污染物  $i$  在第  $t$  天的平均每日浓度;  $ER_t$  为单日呼吸系统疾病超额就诊风险;  $ER_{it(\max)}$  为研究期间超额就诊风险最大值。参考加拿大分级标准<sup>[9]</sup>, 将 AQHI 四舍五入取整(0~10), 计算方法见式(4)<sup>[8]</sup>。

**1.2.4 AQHI、AQI 预测效果比较** 评估 AQHI、AQI 的预测能力时, 考虑全年及不同性别、年龄、季节(冷季: 11—4 月、暖季: 5—10 月)的数据, 并将其纳入时间序列分析模型中。统计每升高一个四分位间距(interquartile range, IQR)时呼吸系统疾病超额就诊风险的变化量, 以考察 AQHI 和 AQI 对乌鲁木齐市居民呼吸系统就诊人次的预测效果。

## 2 结果

### 2.1 描述性统计

表 1 为 2017 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日乌鲁木齐市某医院呼吸系统疾病门诊总数、空气污染物浓

度值、气象因素的统计分析数据。乌鲁木齐市呼吸系统疾病门诊共 324 887 例, 男性 181 634 例, 女性 143 253 例, 65 岁及以上 66 145 例, 小于 65 岁 258 742 例。日均门诊数分别为 177.92、78.45、99.47、36.22、141.7 例。气象指标日均温度和湿度分别为 8.98 °C、55.16%。大气污染物 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 每日平均浓度分别为 56.71、100.01、10.06、43.42、61.51 μg·m<sup>-3</sup>; CO 日均浓度为 1.14 mg·m<sup>-3</sup>。同期空气污染物浓度呈较明显季节性, 按照 GB 3 095—2012《环境空气质量标准》所规定的一级限值, PM<sub>10</sub> 浓度超过限值的情况最为严重。

表 1 2017—2021 年乌鲁木齐市某医院日门诊量及该市大气污染物浓度、气象因素描述性统计

Table 1 Daily outpatient visits of a hospital, air pollutant concentrations, and meteorological factors in Urumqi from 2017 to 2021

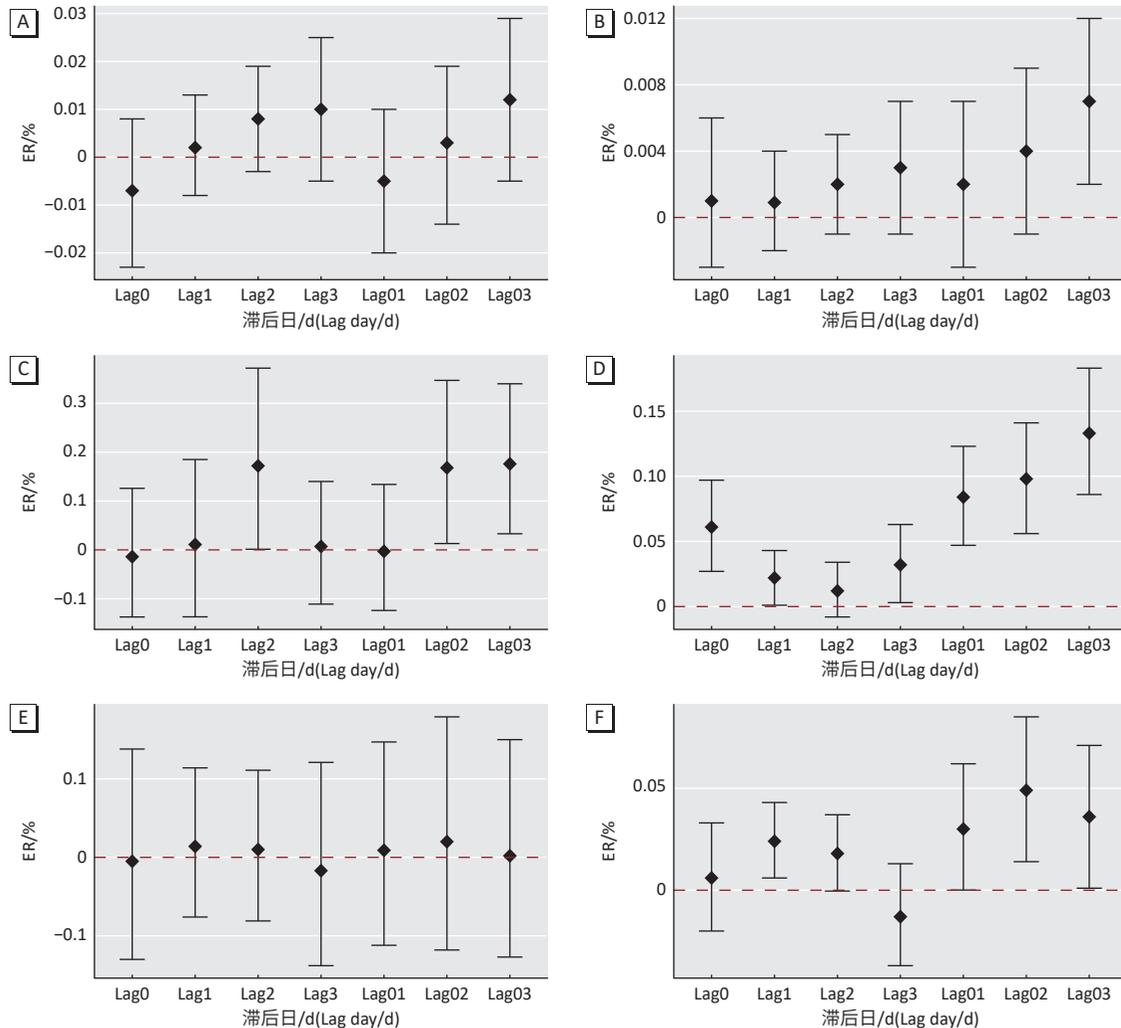
参数(Parameter)	$\bar{x}$	S	最小值 (Min)	$P_{25}$	M	$P_{75}$	最大值 (Max)
门诊数据(Outpatient data)							
门诊总量 (Total outpatient visits)	177.92	85.35	3.00	100.00	197.00	47.00	428.00
女(Female)	78.45	37.07	0	44.00	86.00	107.00	246.00
男(Male)	99.47	49.69	1.00	54.00	108.00	140.00	216.00
≥65岁(≥65 years)	36.22	19.54	0	18.00	38.00	52.00	89.00
<65岁(<65 years)	141.70	67.62	0	82.00	154.00	195.25	380.00
空气污染物数据(Air pollutant variable)/(μg·m <sup>-3</sup> )							
PM <sub>2.5</sub>	56.71	58.83	6.41	19.27	28.70	72.77	374.09
PM <sub>10</sub>	100.01	81.58	9.00	52.00	78.00	124.71	1465.59
SO <sub>2</sub>	10.06	5.05	3.53	7.17	8.77	11.09	50.01
NO <sub>2</sub>	43.42	19.63	7.26	29.38	39.18	54.32	139.72
CO/(mg·m <sup>-3</sup> )	1.14	0.75	0.37	0.62	0.84	1.43	5.21
O <sub>3</sub>	61.51	34.57	8.04	32.00	54.00	86.70	164.00
气象数据(Meteorological variable)							
日均气温 (Daily mean temperature)/°C	8.98	12.50	-22.70	-1.55	10.80	20.30	30.70
日均相对湿度(Daily mean relative humidity)/%	55.16	18.93	5.00	40.00	54.25	70.85	98.00

### 2.2 时间序列分析

**2.2.1 单污染物模型** 图 1 展示了不同滞后时间下, 大气污染物对呼吸系统疾病日均门诊数的影响。单日滞后分析显示, PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub> 浓度在 Lag3、Lag3、Lag2、Lag0、Lag1、Lag1 对呼吸系统疾病日均门诊量的影响最大, 超额风险(excessive risk, ER) 分别为 0.010(95%CI: -0.005~0.025)、0.003(95%CI: -0.001~0.007)、0.172(95%CI: 0.001~0.372)、0.061(95%CI: 0.027~0.097)、0.014(95%CI: -0.076~0.114)、

0.024(95%CI: 0.006~0.043), PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、CO 单日滞后效应无统计学意义。累积滞后分析显示, CO、PM<sub>2.5</sub> 滞后效应无统计学意义。PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 分别在 Lag03、Lag03、Lag03、Lag02 时 ER 值最大, 浓度每增加 10 μg·m<sup>-3</sup> 对呼吸系统疾病日均门诊数增加 0.687%

(95%CI: 0.101%~1.276%)、17.609%(95%CI: 3.253%~33.961%)、13.344%(95%CI: 8.619%~18.275%)、4.921%(95%CI: 1.401%~8.502%), 结果具有统计学意义 (P<0.05)。因此后续研究对 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 累积滞后 3、3、3、2 d 进行。



[注] A: PM<sub>2.5</sub>; B: PM<sub>10</sub>; C: SO<sub>2</sub>; D: NO<sub>2</sub>; E: CO; F: O<sub>3</sub>。红色虚线为 0 标度, 如 ER 值均在 0 标度以上可认为结果具有统计学意义。

[Note] A: PM<sub>2.5</sub>; B: PM<sub>10</sub>; C: SO<sub>2</sub>; D: NO<sub>2</sub>; E: CO; F: O<sub>3</sub>. The red dashed line refers 0 of ER, and the results can be considered statistically significant if all ER values are above the red dashed line.

图 1 2017—2021 年乌鲁木齐市大气污染对呼吸系统疾病日就诊人次的超额就诊风险

Figure 1 Excess risk of daily visits for respiratory diseases due to air pollution in Urumqi from 2017 to 2021

**2.2.2 双污染物模型** 根据单一污染物研究结果构建双污染物模型, 对大气污染物之间的联合效应进行进一步分析。如表 2 模型分析结果显示, PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 两两共存时, 产生不同的健康效应, 除 PM<sub>10</sub>+NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>+PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>+NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>+PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub>+SO<sub>2</sub> 时双污染物模型没有意义, 其他情况下, 污染物两两叠加时, 健康效应均有统计学意义 (P<0.05)。

**2.3 AQHI 构建**

结合上述所得结果, 选取各污染物最佳滞后日的

$\beta$ 及 $\rho$ 构建 AQHI。本研究将差异有统计学意义的 4 个指标 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 纳入 AQHI 构建。其计算公式如下:

$$AQHI = 10/68.56 \times 100 \times [\exp(\beta_{PM_{10}} \times \rho_{PM_{10}}) - 1 + \exp(\beta_{SO_2} \times \rho_{SO_2}) - 1 + \exp(\beta_{NO_2} \times \rho_{NO_2}) - 1 + \exp(\beta_{O_3} \times \rho_{O_3}) - 1] \quad (5)$$

式(5)中,  $\rho_{PM_{10}}$ 、 $\rho_{SO_2}$ 、 $\rho_{NO_2}$  和  $\rho_{O_3}$  分别代表 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 的每日平均浓度,  $\beta_{PM_{10}}$ 、 $\beta_{SO_2}$ 、 $\beta_{NO_2}$  和  $\beta_{O_3}$  分别取 0.000 297、0.001 639、0.003 737 和 0.001 261。

表2 2017—2021年乌鲁木齐市大气污染致呼吸系统疾病日超额就诊风险双污染物模型

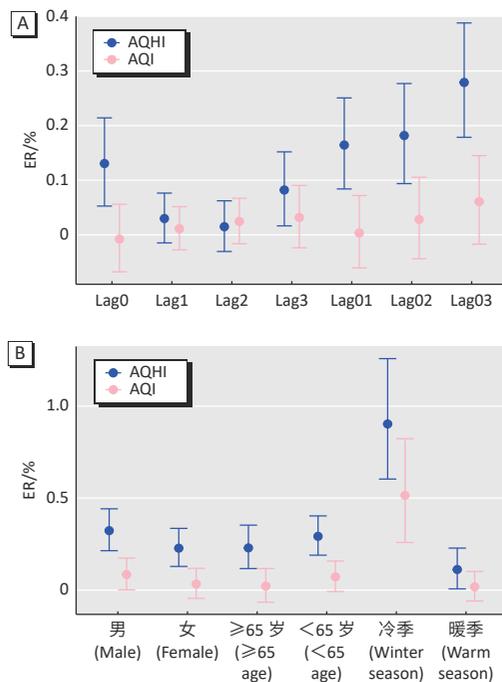
Table 2 Bi-pollutant model of excess risk of daily visits for respiratory diseases due to air pollution in Urumqi from 2017 to 2021

污染物(Pollutant)	调节因素(Adjustment factor)	ER(95%CI)
PM <sub>10</sub>	-	-
	+SO <sub>2</sub>	1.007(1.001~1.013) <sup>*</sup>
	+NO <sub>2</sub>	1.001(0.993~1.006)
	+O <sub>3</sub>	1.006(1.001~1.011) <sup>*</sup>
SO <sub>2</sub>	-	-
	+PM <sub>10</sub>	1.082(0.936~1.251) <sup>*</sup>
	+NO <sub>2</sub>	0.864(0.731~1.021)
	+O <sub>3</sub>	1.145(1.004~1.307) <sup>*</sup>
NO <sub>2</sub>	-	-
	+PM <sub>10</sub>	1.128(1.078~1.179) <sup>*</sup>
	+SO <sub>2</sub>	1.148(1.091~1.209) <sup>*</sup>
	+O <sub>3</sub>	1.128(1.081~1.177) <sup>*</sup>
O <sub>3</sub>	-	-
	+PM <sub>10</sub>	1.027(0.993~1.061)
	+SO <sub>2</sub>	1.029(0.996~1.064)
	+NO <sub>2</sub>	1.047(1.012~1.084) <sup>*</sup>

[注(Notes)]<sup>\*</sup>:  $P < 0.05$ 。

#### 2.4 AQHI 和 AQI 预测结果比较

图2为AQHI与AQI对呼吸系统疾病发病风险的不同影响。据结果显示,每增加一个四分位数间距,AQHI对呼吸系统疾病发病风险的影响高于AQI。分层分析结果揭示,在不同的季节、性别和年龄群体中,相对于AQI所衡量的风险,AQHI的超额就诊风险显示出更高的风险水平。



[注] A: 全人群; B: 分层分析。

[Note] A: Total samples; B: Stratified samples.

图2 AQHI与AQI对乌鲁木齐市呼吸系统疾病发病风险预测效果比较

Figure 2 Comparison of AQHI and AQI prediction effects on risk of respiratory diseases in Urumqi

### 3 讨论

空气污染是全球最主要的公共健康难题之一,被广泛认定为全球最严重的环境污染问题。大量研究发现,空气污染物浓度上升与呼吸系统疾病门诊量之间有着显著的相关性<sup>[10-12]</sup>。为更好地揭示暴露与反应之间的关联,研究需要对空气污染物与就诊人次的关系进行更充分的分析。本研究使用时间分层的病例交叉设计构建了时间序列模型,采用门诊数据,相较于住院及死亡数据,其覆盖范围更广泛及灵敏,可以更准确描绘空气污染物浓度变化对人群呼吸系统疾病急性发病风险的影响。本研究结果显示,乌鲁木齐市呼吸系统疾病就诊人次与空气污染物PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>和O<sub>3</sub>之间存在显著关联,意味着建立呼吸系统疾病发病风险AQHI可用于解释呼吸系统疾病发病风险与空气污染物浓度变化之间的关系。本研究对特定的地点进行调查,研究区域具有针对性,通过反映区域之间的空气质量差异来创建AQHI,可更准确、及时地预测短期空气污染对健康的风险。与加拿大、上海和香港等研究者构建的AQHI不同,加拿大的AQHI基于3种不同污染物,分别是NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>和PM<sub>2.5</sub>;上海的AQHI则包含NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>和PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>;香港AQHI包含SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>和PM<sub>10</sub>的报告<sup>[4,6,9]</sup>。这种差异是由于构建当地的AQHI时使用当地的健康统计数据 and 空气污染数据所致,不同地区的主要空气污染物浓度和人群特征和疾病易感性有所不同。

单污染模型结果显示,SO<sub>2</sub>与呼吸系统疾病之间存在较显著的暴露-反应关系,这与曲玥、王桂兰等<sup>[5,13]</sup>研究结果一致。SO<sub>2</sub>具有毒性和较强的刺激性,其刺激作用会导致呼吸道黏膜吸收黏液并损伤呼吸道,从而引发急性或慢性呼吸系统疾病。在滞后Lag0的情况下,SO<sub>2</sub>对呼吸系统没有显著影响,这可能是因为刺激性气态污染物在数天后才会引起呼吸道炎症,在其他研究中有类似结论<sup>[5]</sup>。PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>与NO<sub>2</sub>在累积滞后3 d(Lag03)对呼吸系统疾病发病影响最大,浓度每升高10 μg·m<sup>-3</sup>,呼吸系统疾病发病风险分别增加0.7%、17.6%、13.3%,说明存在较长滞后效应。

本研究以乌鲁木齐市居民呼吸系统疾病发病风险作为健康指标,比较AQI、AQHI与门诊人次关联性,结果显示,AQHI预测呼吸系统疾病门诊人次时的超额风险均高于AQI的相应指标值,说明AQHI可较敏感地反映每日空气污染物浓度短期波动所引发的急性影响<sup>[8,14]</sup>。总人群的AQI与发病风险在不同的亚组的关联程度较相似,在全人群和分层分析中,AQHI超额

就诊风险均大于 AQI, 说明仅基于一般人群日门诊人次建立的 AQHI 也可以预测不同亚组之间的发病风险。

本研究尚存在一定局限性。首先, 研究仅选取乌鲁木齐 1 家医院日门诊人次, 未对个体因素全面研究, 可能存在结果不全面的问题; 在今后研究中, 可纳入更多、更大范围的呼吸系统疾病门诊数据及大气污染物数据进行深入分析及修订。其次, 由于乌鲁木齐市气象监测站点较少且站点之间距离较远, 收集的数据与真实暴露水平可能存在偏差, 导致因暴露水平不同产生一定的测量偏差<sup>[7]</sup>。另外, 根据现有资料未确定就诊患者的就诊频率, 患者可能短期多次就诊, 重复就诊可能导致大气污染物风险估计的方差被低估。在以后研究中, 可增加呼吸系统疾病门诊的数据量, 拓宽空气污染物数据范围。但本研究构建的呼吸系统疾病发病风险 AQHI, 可对因空气污染造成的呼吸系统疾病门诊量大幅度增长提供预警, 帮助乌鲁木齐市相关部门及时应对; 也可为居民提供有益的指导, 及时采取个人防护措施, 以降低空气污染对健康造成的风险和危害。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] LI X, XIAO J, LIN H, et al. The construction and validity analysis of AQHI based on mortality risk: A case study in Guangzhou, China[J]. *Environ Pollut*, 2017, 220: 487-494.
- [3] DU X, CHEN R, MENG X, et al. The establishment of National Air Quality Health Index in China[J]. *Environ Int*, 2020, 138: 105594.
- [4] CHEN R, WANG X, MENG X, et al. Communicating air pollution-related health risks to the public: an application of the Air Quality Health Index in Shanghai, China[J]. *Environ Int*, 2013, 51: 168-173.
- [5] 曲玥, 曾芳婷, 陈凤格, 等. 石家庄市儿童呼吸系统疾病空气质量健康指数的构建[J]. 环境卫生学杂志, 2023, 13(1): 37-44.
- QU Y, ZENG FT, CHEN FG, et al. Construction of an air quality health index for pediatric respiratory disease in Shijiazhuang, China[J]. *J Environ Hyg*, 2023, 13(1): 37-44.
- [6] TAM W W S, WONG T W, 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, 9(1): e86913.
- [7] 高静华, 周纯良, 胡建雄, 等. 基于我国5省大气污染物复合暴露数据构建AQHI的研究[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(3): 281-288.
- GAO J H, ZHOU C L, HU J X, et al. Construction of AQHI based on joint effects of multi-pollutants in 5 provinces of China[J]. *J Environ Occup Med*, 2023, 40(3): 281-288.
- [8] 张莉君, 许慧慧, 朱凤鸣, 等. 上海市儿童呼吸系统疾病空气质量健康指数的建立[J]. 环境与职业医学, 2022, 39(7): 730-736.
- ZHANG L J, XU H H, ZHU F M, et al. Construction of an air quality health index for pediatric respiratory diseases in Shanghai[J]. *J Environ Occup Med*, 2022, 39(7): 730-736.
- [9] SZYSZKOWICZ M, KOUSHA T. Emergency department visits for asthma in relation to the Air Quality Health Index: a case-crossover study in Windsor, Canada[J]. *Can J Public Health*, 2014, 105(5): e336-e341.
- [10] DOMINGO J L, ROVIRA J. Effects of air pollutants on the transmission and severity of respiratory viral infections[J]. *Environ Res*, 2020, 187: 109650.
- [11] TOMÁŠKOVÁ H, TOMÁŠEK I, ŠLACHTOVÁ H, et al. PM<sub>10</sub> air pollution and acute hospital admissions for cardiovascular and respiratory causes in Ostrava[J]. *Cent Eur J Public Health*, 2016, 24 Suppl: S33-S39.
- [12] 赵海莉, 原悦, 李晓芹, 等. 兰州市西固区大气污染对呼吸系统的健康效应[J]. 生态学报, 2022, 42(11): 4603-4616.
- ZHAO H L, YUAN Y, LI X Q, et al. Health effects of air pollution on respiratory system in Xigu District of Lanzhou City[J]. *Acta Ecol Sin*, 2022, 42(11): 4603-4616.
- [13] 王桂兰, 崔亮亮, 程学美, 等. 济南市大气污染对儿科呼吸系统门诊量影响的时间序列分析[J]. 中国预防医学杂志, 2022, 23(7): 525-531.
- WANG G L, CUI L L, CHENG X M, et al. Ambient air pollution and daily outpatient visits in pediatric respiratory clinics in Jinan: a time series analysis[J]. *Chin Prev Med*, 2022, 23(7): 525-531.
- [14] 张敏, 崔振雷, 高润祥, 等. 天津市空气质量健康指数(AQHI)的建立及应用[J]. 生态环境学报, 2019, 28(10): 2027-2034.
- ZHANG M, CUI Z L, GAO R X, et al. The establishment and application of air quality health index (AQHI) in Tianjin[J]. *Ecol Environ Sci*, 2019, 28(10): 2027-2034.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 张晨晨、王晓宇)