

# 呼吸系统疾病与气象、环境因子相关性研究

何明琼<sup>1</sup>, 刘丽<sup>2</sup>, 敖银银<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>湖北省气象服务中心, 湖北 武汉

<sup>2</sup>武汉大学医院, 湖北 武汉

<sup>3</sup>湖北省公众气象服务中心, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年1月23日; 录用日期: 2023年2月21日; 发布日期: 2023年2月27日

## 摘要

通过对武汉市某社区医院2013~2019年每日呼吸系统疾病门诊就诊病例数据和同期气象、PM2.5平均浓度数据的分析, 研究呼吸系统疾病与气象、环境因子的相关性, 结果表明: 1) 武汉市一周呼吸系统疾病发病率与周平均气温、周平均最低气温、周平均最高气温、周平均日照时数存在显著负相关( $P = -0.68 \sim -0.73, \sigma = 0.01$ ), 与PM2.5周平均浓度存在正相关( $P = 0.49, \sigma = 0.01$ )。2) 呼吸系统疾病主要发生在秋冬季的10月至次年3月, 高峰期出现在寒冬12月中下旬至1月上旬。发病率冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季。3) 建立的呼吸系统疾病发病率预测模型有一定的参考价值, 对呼吸系统疾病预防有重要意义。

## 关键词

呼吸系统疾病发病率, 气象因子, PM2.5, 预测模型

# Research on Correlation between Respiratory Diseases and Meteorology and Environmental Factors

Mingqiong He<sup>1</sup>, Li Liu<sup>2</sup>, Yinyin Ao<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Hubei Meteorological Service Center, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Wuhan University Hospital, Wuhan Hubei

<sup>3</sup>Hubei Public Meteorological Service Center, Wuhan Hubei

Received: Jan. 23<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Feb. 21<sup>st</sup>, 2023; published: Feb. 27<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

## Abstract

We analyze daily data of outpatients with respiratory disease in a community hospital, and synchronous data of meteorological condition, average PM2.5 concentration in Wuhan, China 2013~2019, to investigate the correlation between respiratory diseases and meteorology and environmental factors. Results: 1) Weekly incidence of respiratory diseases was negatively correlated with weekly mean temperature, weekly mean minimum temperature, weekly maximum temperature, and weekly mean sunshine hours ( $P = -0.68$  to  $-0.73$ ,  $\sigma = 0.01$ ), positively correlated with weekly average PM2.5 concentration ( $P = 0.49$ ,  $\sigma = 0.01$ ). 2) Respiratory diseases mostly occurred from October to March next year, peak time is mid-to-late December to early January in cold winter. The ranking of seasonal incidence of respiratory disease: winter > autumn > spring > summer. 3) The prediction model of incidence of respiratory disease is certainly worthy of reference, it is important to prevent respiratory diseases.

## Keywords

Incidence of Respiratory Diseases, Meteorological Factor, PM2.5, Prediction Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着社会经济发展、生活条件的改善,我国人民健康状况较之前有了极大提升,人均寿命明显延长,但是有些严重威胁人们身体健康的疾病发病率仍居高不下,给家庭和社会带来了沉重的负担。2020年12月国务院新闻办公室发布的《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》显示,2019年,中国居民因心脑血管疾病、癌症、慢性呼吸系统疾病和糖尿病等四类重大慢性病导致的过早死亡率达16.5%,近年来,由于烟草持续流行、环境污染、人口老龄化加剧等因素,呼吸系统疾病的发病率呈逐年上升趋势,是除心脑血管疾病、肿瘤以外导致死亡的最常见病因。随着人们对疾病预防的重视,气象及环境因素对人类健康的影响倍受关注,特别是2020年初爆发流行的新型冠状病毒(COVID-19)感染作为一种呼吸系统传染病,全球确诊病例已超6.03亿例,死亡病例超过649万例(截至北京时间2022年9月3日08时),进一步开展呼吸系统疾病发病机理及主要影响因素研究,对感冒、流感、新型冠状病毒肺炎(COVID-19)等呼吸系统疾病的防控具有重要的意义。

## 2. 资料及方法

### 2.1. 资料

1) 2013年3月~2019年12月呼吸系统疾病(主要包括感冒、支气管炎、支气管扩张、支气管哮喘、慢性阻塞性肺炎急性发作、其它肺部疾病共6类)每日门诊就诊病例数据,来源于武汉市某社区医院(简称A医院)。该社区总人口在10万人左右,社区内有重点大学,学生及教职工人数占社区总人口80%左右。文中分析所用病例数据时段为2014年1月1日~2019年12月31日。

2) 2013年3月~2019年12月武汉市每日平均气压、平均气温、最高气温、最低气温、降水量、平均相对湿度、日照时数、平均风速、最小水平能见度共9个气象要素数据,来源于湖北省气象资料档案馆。

3) 2013年3月~2019年12月武汉市每日PM<sub>2.5</sub>平均浓度数据,来源于湖北省环境监测总站。

## 2.2. 研究方法

1) 统计2014~2019年A医院每日门诊病例数据及同期气象、PM<sub>2.5</sub>平均浓度数据,并计算以上时段各要素的周平均值,形成周数据序列;

2) 为消除日变化及双休、节假日、寒暑假等因素影响,以A医院呼吸系统疾病门诊一周累计病例数占y一周总门诊量的比例即一周呼吸系统疾病发病率(One-Week Incidence of Respiratory Diseases)作为预报对象,用IRD(%)表示。根据2014~2019年门诊病例及同时段的气象、PM<sub>2.5</sub>周平均浓度数据,应用SPSS软件及逐步回归等数理统计方法[1][2][3],建立呼吸系统疾病发病率预测模型,用2013年3~12月A医院门诊数据、气象数据及PM<sub>2.5</sub>平均浓度数据,对模型进行检验。

## 3. 结果分析

### 3.1. 呼吸系统疾病发病年变化

A医院呼吸系统疾病就诊人数年差异较大(图1),2015年以来就诊人次呈现逐年增多趋势,全年就诊人次约在5.4~7.0万人次之间。

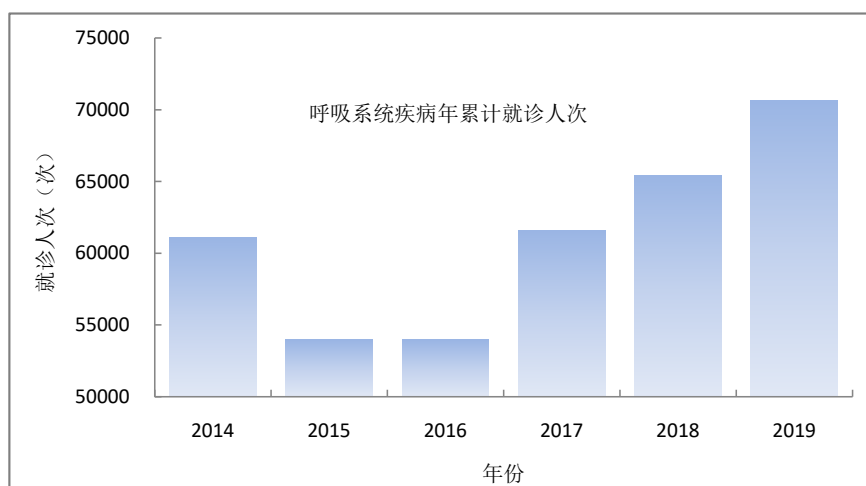


Figure 1. Number of patients with respiratory disease at A Hospital annually, 2014~2019  
图1. 2014~2019年A医院每年呼吸系统疾病就诊人次

### 3.2. 呼吸系统疾病发病月、季变化

A医院呼吸系统疾病一年四季均有发生(表1),其中,冬、秋季高于其它季节,发病人次依次为冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季,夏季发病人数最少。值得注意的是,夏季6~8月三个月中,有2个月(7~8月)是大学暑假放假时间,在校人数显著减少,是A医院呼吸系统疾病就诊人次显著减少的一个重要原因。

Table 1. Monthly and quarterly number of patients with respiratory disease at A Hospital

表1. A医院月、季呼吸系统疾病平均就诊人次

月份	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
月均人次	7059	6825	4084	6460	5470	4565	4241	3279	2655	5083	5738	6192
季均人次	17,968 (冬)			16,495 (春)			10,175 (夏)			17,013 (秋)		

A 医院呼吸系统疾病月平均就诊人次呈现 V 型(表 1、图 2), 1~8 月就诊人次逐月减少(2 月除外), 8~12 月就诊人次逐月增多。12 月份就诊人次为全年最多, 月平均达 7059 例; 1 月份次多, 为 6825 例; 每年呼吸系统疾病发病高峰期在 12 月中下旬至 1 月上旬。10 月至次年 1 月(即秋冬季)为呼吸系统疾病发病主要时段, 4 个月累计就诊人次占全年的 42.2%。3 月还有一个次高峰期。8 月份就诊人次最少, 为 2655 例; 7 月份次少, 为 3279 例。前述分析可知, 7~8 月就诊人次少与该时段社区内的大学生暑假放假有关, 另外, 因寒假放假, 且 2 月份仅 28~29 天, 2 月就诊人次为第三少, 2 月、7~8 月三个月就诊人次累计仅占全年的 15.5%。

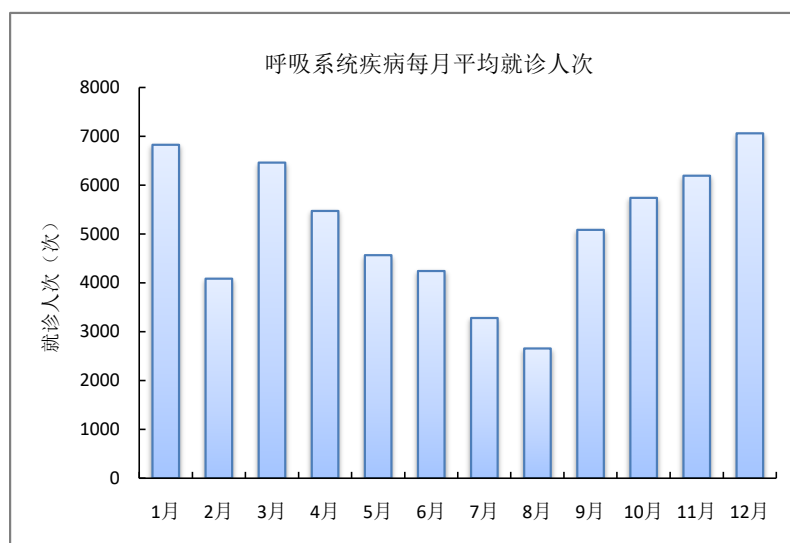


Figure 2. Average number of patients with respiratory disease at A Hospital monthly, 2014~2019

图 2. 2014~2019 年 A 医院呼吸系统疾病月平均发病人次

### 3.3. 呼吸系统疾病高发月份气象、环境因子特征

根据 A 医院 2014 年 1 月 1 日~2019 年 12 月 31 日每日门诊资料, 统计每月呼吸系统疾病就诊人次, 挑选就诊人次较多的月份即 2014 年 1 月(8867 人次)和 2017 年 12 月(8691 人次)、2018 年 1 月(8330 人次), 作为典型月, 对呼吸系统疾病与气象、环境因素的关系进行分析研究。

Table 2. Characteristics of meteorological and environmental factors in high incidence of monthly respiratory disease at A Hospital

表 2. A 医院呼吸系统疾病高发月气象、环境因子特征

时段 年/月	月累计降水量 距平百分率%	月平均相对湿度 距平%	月平均气温 距平℃	PM2.5 月均浓度 μg/m <sup>3</sup>	中度以上 污染日数 d
2014/01	-24	-2.9	+1.3	183	26
2017/12	-71	+2.2	-0.8	104	9
2018/01	+80	+7.0	-1.9	116	7

表 2 可见, 呼吸系统疾病典型高发月份均出现在冬季, 表征气候特征的 2 个主要气象要素(即月累计降水量、月平均气温)出现明显异常, 表现为气温偏高、降水偏少(干暖冬)或气温偏低、降水偏多(湿冷冬)或气温偏低、降水偏少(干冷冬), 并且空气处于轻度到重度污染状态。

### 3.4. 呼吸系统疾病一周发病率与气象、环境因子的关系

根据 2014~2019 年武汉市每日平均气压、平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度、降水量、平均风速、日照时数、最小水平能见度、PM2.5 平均浓度共 10 个气象、环境因子周数据, 统计 A 医院一周呼吸系统疾病发病率(IRD, %)与同一周、超前一各因子的周平均值之间的相关系数, 结果表明, IRD 与同一周及超前一各因子的周平均值之间的相关性, 通过 99.9% 信度检验(表 3), 与其它因子相关性未通过统计检验。其中, 4 个气象因子均与 IRD 呈现负相关, 表明气温偏低、日照偏少、天气阴冷时, IRD 将升高。特别是 IRD 与同一周及超前一各因子平均最低气温、平均气温相关系数达-0.7 以上, 为极显著负相关。IRD 与环境因子 PM2.5 平均浓度为正相关, 即空气质量差、污染重时, IRD 将升高。

**Table 3.** Correlation coefficient between weekly IRD and meteorological and environmental factors at A Hospital (Sample size is 312,  $\sigma = 0.148$ )

**表 3.** 2014~2019 年 A 医院一周 IRD 与气象、环境因子相关系数(样本数 312,  $\sigma = 0.148$ )

时段	最低气温 ℃	平均气温 ℃	最高气温 ℃	PM2.5 平均浓度 μg/m <sup>3</sup>	日照时数 h
同一周	-0.732	-0.721	-0.684	0.494	-0.342
超前一各	-0.713	-0.707	-0.669	0.472	-0.316

### 3.5. 呼吸系统疾病发病率等级划分

计算 2014~2019 年 A 医院每周呼吸系统疾病发病率(即 IRD, %), 共 312 个样本, 用百分位数法, 按 25%、50%、75%、95% 四个百分位数, 对每周 IRD 等级进行划分, 见表 4。

**Table 4.** Grade of weekly incidence of respiratory diseases at A Hospital from 2014 to 2019

**表 4.** 2014~2019 年 A 医院每周呼吸系统疾病发病率(IRD)等级

IRD 等级	1 级 极高	2 级 较高	3 级 一般	4 级 较低	5 级 极低
样本数	18	61	78	76	79
占比	5.8%	19.6%	25.0%	24.3%	25.3%
IRD (%)	≥28.0	24.1~27.9	21.1~24.0	18.0~21.0	<18.0

### 3.6. 呼吸系统疾病发病率预测模型

根据 2014~2019 年 A 医院门诊每周 IRD(%), 选取武汉市上述 10 个气象、环境因子同一周及超前一各平均值共 20 个自变量, 利用 SPSS 软件, 运用逐步回归方法, 建立 IRD 预测模型, 全年通用模型样本数为 312, 分季模型样本数为 52, 结果表明, 周平均气温、周平均最高气温为重要变量, 通过  $\alpha = 0.05$  的显著性检验, 被保留在全年通用预测模型及春季预测模型中, 即气温是影响呼吸系统疾病的最重要因素。PM2.5 平均浓度、日照时数等因子未通过显著性检验。预测模型见表 5。

**Table 5.** Predictive model for incidence of respiratory diseases at A Hospital

**表 5.** A 医院呼吸系统疾病发病率预测模型

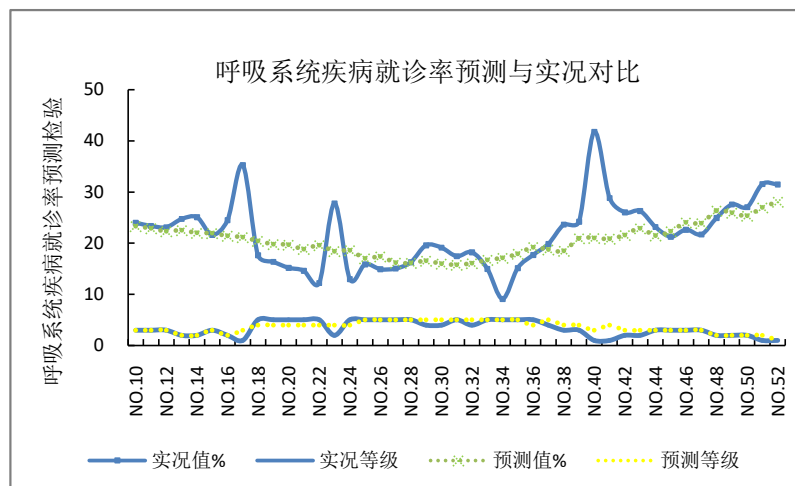
模型编号	适用时段	模型	复相关系数	因子 $X_1$	因子 $X_2$
1	全年	$Y = 0.251 - 0.0073X_1 + 0.0039X_2$	0.74	周平均气温	周平均最高气温
2	春季	$Y = 0.225 - 0.014X_1 + 0.010X_2$	0.81	周平均气温	周平均最高气温

注: 上表中的  $Y$  为一周 IRD 预测值, 即因变量。

呼吸系统疾病发病率的分季节预测模型表明,仅春季预测模型回归效果显著。其他季节可使用全年通用模型进行呼吸系统疾病发病率预测。

### 3.7. 呼吸系统疾病发病率预测模型检验

2020年1月以来,根据新型冠状病毒(即 COVID-19)感染防控规定,呼吸系统疾病患者需到指定的发热门诊就诊,因此,2020年以来A医院未接诊呼吸系统疾病患者,门诊数据不能真实反映呼吸系统疾病发病情况。为此,利用2013年3~12月A医院每周IRD及同期气象数据,选取适用于全年的预测模型1进行检验验证。检验样本数累计共43周(注:2013年1~2月A医院门诊数据缺失),将检验样本的实测气象要素代入预测方程,计算预测值,按表4的等级划分标准,对预测值和实况值进行等级划分,若预测值与实况值在同一个等级和仅相差一个等级均算对,否则算错,则预测正确39周,错误4周,准确率为90.7%。2013年3~12月A医院每周IRD预测值与实况值、预测等级与实况等级的对比见图3。图3表明,2013年3~12月(即第10至52周)A医院呼吸系统疾病一周发病率预测值与实况值演变趋势一致,但第17周(即No.17)、第23周(即No.23)、第40周(即No.40)、第41周(即No.41)预测值比实况值偏小2~3个量级,即以上4周内A医院均出现了呼吸系统疾病就诊人数激增的情况,对预报误差形成原因进行分析。



**Figure 3.** Test of predictive model for incidence of respiratory diseases at A Hospital in 2013

**图3.** 2013年A医院呼吸系统疾病一周发病率预测模型检验

**Table 6.** Error analysis of prediction model of incidence of respiratory diseases at A Hospital from March to December 2013  
**表6.** 2013年3~12月A医院呼吸系统疾病发病率预测模型误差分析

周序	对应时段	最小能见度 m	PM <sub>2.5</sub> 平均浓度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	平均相对湿度%	平均风速 m/s
No.17	4月23~28日	40	84.5	82	1.8
No.23	6月3~9日	60	49.0	81	2.2
No.40	9月30日~10月6日	62	75.5	79	1.3
No.41	10月7~13日	57	125.8	78	1.3

表6表明,呼吸系统疾病发病率预测出现明显偏差的4周内,武汉市均出现能见度低于100m的浓雾天气,并且空气湿度较大,周平均相对湿度在78%以上,空气静稳,风速小于2.5m/s,周内PM<sub>2.5</sub>平均浓度在49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上,人群长期暴露在污染物浓度较高、并且不易扩散的空气中,因此呼吸系统疾病

发病人数激增。

以上分析表明,如果伴有浓雾天气,模型应用时宜将呼吸系统疾病预测等级提高一级,才能提高预测准确率,为公众以及疾病预防和控制部门预防呼吸系统疾病提供参考。

#### 4. 小结及讨论

人体呼吸系统负责人体与外界空气之间的气体交换,保证机体的氧供和废气的排出,温度、湿度、空气质量等气象及环境因素直接影响气道,国内外大量研究表明[4]-[11],异常气象条件极易引发感冒、流感、支气管炎等呼吸系统疾病,气候变化、极端天气及环境因素对呼吸系统疾病有着重要影响。利用2013~2019年A医院每日呼吸系统疾病门诊就诊病例数据,以及同期气象、环境因子数据,分析了呼吸系统疾病特征及其与气象、环境因子的相关性,并建立预测模型,对模型进行检验,结果表明:

1) 冬季气候异常易导致呼吸系统疾病高发。一类是气温明显偏低(如2017年12月、2018年1月)、湿度偏高、降水异常(显著偏多或偏少);天气湿冷,人体血管收缩,人体纤毛运动受到抑制,从而削弱了气道防御能力,容易诱发慢性支气管炎等呼吸系统疾病。一类是气温明显偏高,降水偏少,空气干燥(如2014年1月)。气温明显偏高,降水偏少,空气干燥,使鼻粘膜容易发生细小的皱裂,病毒易于入侵体内,此时一旦遇到冷空气来临,气温下降,鼻腔局部温度降低,适宜病毒繁殖生长,受寒后鼻腔内局部分泌的免疫球蛋白明显减少,呼吸道抵抗力降低,为病毒入侵提供了有利的条件。气候异常影响人体对环境的适应能力,或超出人体对环境的正常适应能力,导致呼吸系统疾病病例数明显增加。疾病预防与控制部门需加强冬季呼吸系统疾病预防工作。

2) 呼吸系统疾病一年四季均有发生,其中,秋、冬季发病人数明显高于春、夏季,秋冬季10月至次年3月是呼吸系统疾病发病的主要时段。高峰期寒冬12月中下旬至1月上旬。12月高发,3月次高发,12月是秋季到冬季的过度月,3月是冬季到春季的过度月,可见,季节转换时期易患呼吸系统疾病。12月高发与冷空气活动开始增多有关,3月次高发可能与花粉过敏有关。3月春暖花开,正是武汉樱花、桃花、杜鹃、兰花、迎春花等花卉开放时节,有过敏体质的人吸入这些花粉后,会出现花粉过敏症,导致打喷嚏、流鼻涕、流眼泪等,过敏体质者会诱发气管炎、支气管哮喘等呼吸系统疾病。需关注3月、12月等季节转换时期以及花粉过敏季呼吸系统疾病预防工作。

3) 呼吸系统疾病一周发病率(IRD)与周PM<sub>2.5</sub>平均浓度有较好的正相关关系,表明环境污染治理不仅可以降低PM<sub>2.5</sub>平均浓度、有利于实现“碳达峰、碳中和”目标,还可降低呼吸系统疾病发生率。

4) 武汉市呼吸系统疾病发病率周时间尺度预测模型,具有一定的使用价值,针对浓雾天气,应将呼吸系统疾病预测等级提高一级,为呼吸系统疾病及健康气象服务提供参考。

#### 基金项目

湖北省气象局科技基金资助(2021Y10)。

#### 参考文献

- [1] 郭萃. 三种主要传染病与气象因素的关系研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 南方医科大学, 2016.
- [2] 翟红楠, 张莉, 孙石阳. 深圳市流感高峰发生的气象要素临界值研究及其预报方程的建立[J]. 数理医药学杂志, 2009, 22(2): 188-195.
- [3] 李青春, 陆晨, 刘彦. 北京地区呼吸道疾病与气象条件关系的分析[J]. 气象, 1999, 3(3): 9-12.
- [4] 黄亚林, 刘超, 曾克峰, 等. 2013-2014年武汉市PM<sub>2.5</sub>的时空分布特征及其与气象条件的关系[J]. 生态环境学报, 2015, 24(8): 1330-1335.
- [5] 陈正洪, 杨宏青, 张鸿雁, 等. 武汉市呼吸道和心脑血管疾病气象预报研究[J]. 湖北中医学院学报, 2001, 3(2):

15-17.

- [6] 王祖承, 陈正洪. 冷空气对武汉市人群呼吸道和心脑血管疾病的影响[J]. 湖北预防医学杂志, 2001, 12(1): 15-16.
- [7] 山义昌, 徐太安, 鲁丹, 等. 流感流行期大气环境特征及流感分级预报[J]. 气象科技, 2003, 31(6): 389-396.
- [8] 陈正洪, 杨宏青, 曾红莉, 等. 武汉市呼吸道和心血管疾病的季月旬分布特征[J]. 数理医药学杂志, 2000, 13(5): 88-91.
- [9] 何明琼, 陈正洪, 谭静, 等. COVID-19 在湖北爆发和流行的几种可能的影响因素分析[J]. 气候变化研究进展, 2020, 10(6): 143-145.
- [10] 刘庚山, 郭安红, 安顺清. 流行性感冒爆发气象条件主成分分析[J]. 气象科技, 2002, 30(6): 341-343.
- [11] 孔令豪, 陶国水, 陆曙, 等. 武汉地区气象数据与新型冠状病毒肺炎(COVID-19)发病情况的相关性研究[J]. 世界中医药, 2020, 15(4): 524-528.