

• 论 著 •

基于 ARIMA 模型预测镇江市肺结核流行趋势及分析*

伍鸿远,夏媛媛[△]

(南京医科大学医政学院,江苏 南京 211166)

[摘 要] **目的** 通过构建季节性差分整合移动平均自回归模型(ARIMA 模型)预测江苏省镇江市肺结核流行趋势并验证模型的有效性,探讨新型冠状病毒感染疫情对肺结核流行情况的影响。**方法** 收集江苏省镇江市 2014—2022 年肺结核月发病数资料,构建季节性 ARIMA 模型,以 2022 年 1—12 月肺结核发病数验证预测模型效果,并分析预测误差产生的原因。**结果** 2014—2022 年镇江市共报告肺结核病例 11 316 例,除 2017、2019 年发病率有所回升外,总体发病率呈下降趋势,发病主要集中在 3—8 月。ARIMA(1,1,1)(1,1,0)₁₂ 的 BIC 值(5.913)最小,残差白噪声也通过检验。但短期自相关部分的 AR 系数不显著,因此建立 ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂。2022 年镇江市肺结核月发病数实际值与预测值存在一定的偏差(平均相对预测误差为 19.20%),但均在拟合值的 95%可信区间内,实际月发病数(平均 78 例/月)与预测值(平均 78 例/月)变化趋势基本一致,模型拟合度较好,可用于预测镇江市肺结核流行情况。**结论** 利用该模型对短期内镇江市肺结核发病数进行预测,认为镇江市肺结核流行总体上仍将长期保持下行趋势。

[关键词] ARIMA 模型; 肺结核; 传染病预测; 新型冠状病毒感染; 镇江

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.01.004 **中图法分类号:**R521;R181.3

文章编号:1009-5519(2024)01-0020-06 **文献标识码:**A

Prediction and analysis of pulmonary tuberculosis epidemic trend in Zhenjiang City based on ARIMA*

WU Hongyuan,XIA Yuanyuan[△]

(School of Medical Administration,Nanjing Medical University,
Nanjing,Jiangsu 211166,China)

[Abstract] **Objective** To predict the trend of pulmonary tuberculosis prevalence in Zhenjiang City of Jiangsu Province by constructing a seasonal autoregressive integrated moving average (ARIMA) model and verify the effectiveness of the model,and to explore the impact of the COVID-19 pandemic on the prevalence state of pulmonary tuberculosis. **Methods** The pulmonary tuberculosis monthly incidence data during 2014—2022 in Zhenjiang City of Jiangsu Province were collected to construct a seasonal ARIMA model. The model's predictive performance was validated by using the onset number of pulmonary tuberculosis from January to December 2022,and the causes of prediction errors were analyzed. **Results** A total of 1 316 cases of pulmonary tuberculosis were reported in Zhenjiang City during 2014—2022. The overall incidence rate showed a downward trend,except for the slight increase in 2017,2019. The onset was mainly concentrated from March to August. The ARIMA model with parameters (1,1,1)(1,1,0)₁₂ had the lowest BIC value (5.913),and the white noise residuals also passed the test. However,the AR coefficient in the short-term autocorrelation was not significant,so the ARIMA model with parameters (0,1,1)(1,1,0)₁₂ was established. There was a certain deviation between the actual value and predictive value in monthly incidence number of pulmonary tuberculosis in Zhenjiang City during 2022 (average relative prediction error of 19.20%). However,all were within the 95% confidence interval of the fitted values. The change trend of the actual monthly incidence number (average 78 cases/month) was basically consistent with the predicted value (average 78 cases/month). The model fitting degree was well and could be used to predict the epidemiological situation of pulmonary tuberculosis in Zhenjiang City. **Conclusion** This model is used to predict the incidence number of pulmonary tuberculosis in Zhen-

* 基金项目:国家社会科学基金重大项目(20&ZD224);江苏高校哲学社会科学重点研究基地项目(2020RWPT0101);国家级大学生创新创业训练计划(202210312047Z)。

作者简介:伍鸿远(2003—),本科在读,主要从事卫生事业管理的研究。 [△] 通信作者,E-mail:xiayyl@njmu.edu.cn。

jiang City in the short term,and it is considered that the overall trend of pulmonary tuberculosis epidemic in Zhenjiang City will remain the downward trend in the long run.

[Key words] Autoregressive Integrated Moving Average model; Tuberculosis; Prediction of infectious diseases; COVID-19; Zhenjiang

肺结核作为一种结核分枝杆菌引起的慢性呼吸系统传染病,主要攻击肺部并且传染性较强。2021 年我国肺结核的发病数和死亡数位列甲乙类传染病第 2 位^[1],患者当中大量为青壮年,使其成为制约我国经济和社会发展的重大传染病之一^[2]。国际上,全球结核病死亡患者数在 2019—2021 年间有所增加,扭转了 2005—2019 年间的下降趋势,2020—2021 年间结核病发病率上升了 3.6%,扭转了过去 20 年间每年下降约 2%的趋势^[3],2019 年底在全球范围内迅速传播的新型冠状病毒(新冠)病毒感染疫情,不仅使公共卫生系统遭受了极大挑战,更对肺结核疫情及其防控产生了深远的影响^[4]。镇江市作为江苏这一沿海经济大省中肺结核发病率高于平均水平的地区,做好肺结核的有效预防、预测流行趋势对城市发展、进一步控制江苏省肺结核流行尤为重要。为更好地评价和预测结核病流行趋势,本研究收集 2014—2022 年江苏省镇江市肺结核疫情资料,构建差分整合移动平均自回归模型(ARIMA 模型),并评价该模型对新冠病毒感染疫情后结核病疫情的预测效果,以期掌握其发病规律和趋势,为科学防控结核病疫情提供数据支持。

1 资料与方法

1.1 资料来源 数据来源于江苏省镇江市卫生健康委员会公布的全市法定报告传染病疫情数据,收集 2014 年 1 月至 2022 年 12 月共计 108 个月中报告的镇江市肺结核发病数。通过整理数据建立 ARIMA 模型,并以 2022 年 1—12 月月发病数的数据集作为预测集与实际情况进行比较,评价模型的预测效果并预测 2023 年肺结核流行情况。人口资料源自镇江市统计年鉴。

1.2 研究方法

1.2.1 基本理论 根据收集数据绘制出时间序列图和相关文献判断,江苏省镇江市肺结核每月发病数数据为季节性时间序列,因此选定模型为 ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s。p、d、q 分别为趋势自回归阶数、趋势差分阶数、趋势移动平均阶数,P、D 和 Q 分别是季节性自回归阶数、季节性差分阶数和季节性移动平均阶数,S 为单个季节性周期的时间步长数,在本研究中为 12^[5-6]。

1.2.2 ARIMA 模型构建

1.2.2.1 平稳时间序列 根据时间序列图、自相关系数图(ACF)和偏相关系数图(PACF)判断序列平稳性。若不平稳则使用非季节差分、季节性差分、数据

转换等方法直至序列平稳。

1.2.2.2 ARIMA 模型识别与定阶 根据差分后序列的 ACF 图和 PACF 图对模型进行初步识别和定阶。

1.2.2.3 确定 ARIMA 模型的参数与检验 序列平稳化后,通过观察序列的 ACF 图和 PACF 图得出若干种可能的模型并估计 ARIMA 模型的参数。再根据使用 Ljung-Box 残差白噪声检验法得出的残差检验结果和最小贝叶斯信息准则(BIC)来确定最优 ARIMA 模型参数。模型在满足参数差异具有统计学意义、Ljung-Box Q 统计量 $P>0.05$ 的前提下以标准化 BIC 值、平均绝对百分比误差(MAPE)最小为最优。

1.2.2.4 验证模型拟合预测效果 将镇江市 2022 年 1—12 月肺结核月发病数的数据集作为预测集,基于构建好的 ARIMA 模型逐月预测 2022 年肺结核发病数,并与实际发病数比较。

1.2.2.5 模型预测的实际应用 利用模型对 2022—2023 年镇江市肺结核月发病数进行预测。

1.3 统计学处理 使用 Excel 2022 整理 2014—2022 年镇江市肺结核月发病数据,采用 SPSS27.0 建立镇江市肺结核发病数 ARIMA 模型。

2 结 果

2.1 流行概况及特征分析 2014—2022 年镇江市肺结核累计报告 11 316 例,9 年平均报告发病率为 39.4/10 万,流行呈下行趋势($\chi^2_{趋势}=45.523,P<0.001$)。镇江市肺结核发病人数整体上也呈现下降趋势,2019—2020 年间镇江市肺结核发病数和发病率下降速度最快,2019 年共报告 1 304 例,发病率为 40.8/10 万,2020 年共报告 1 069 例,发病率为 33.4/10 万,发病数、发病率年降幅分别达 235 例、7.4/10 万,为 9 年来最高。见表 1。

表 1 2014—2022 年镇江市肺结核病例报告情况			
年份(年)	人口数(万人)	病例数(n)	发病率(1/10 万)
2014	316.54	1 563	49.4
2015	317.14	1 471	46.4
2016	317.65	1 308	41.2
2017	318.13	1 359	42.7
2018	318.63	1 263	39.6
2019	319.64	1 304	40.8
2020	320.35	1 069	33.4

续表 1 2014—2022 年镇江市肺结核病例报告情况			
年份(年)	人口数(万人)	病例数(<i>n</i>)	发病率(1/10 万)
2021	321.10	1 040	32.4
2022	321.72	939	29.2
合计	2 870.90	11 316	39.4

2.2 流行时间分布特征 汇总 2014—2022 年镇江市肺结核累计报告发病数,结果显示,2 月份累计报告发病数最少(772 例),3—8 月维持较高发病水平,高峰水平较为平均,均维持在 1 000 例以上,报告发病数分别为 1 039、1 064、1 029、1 052、1 027、1 035 例,见图 1。

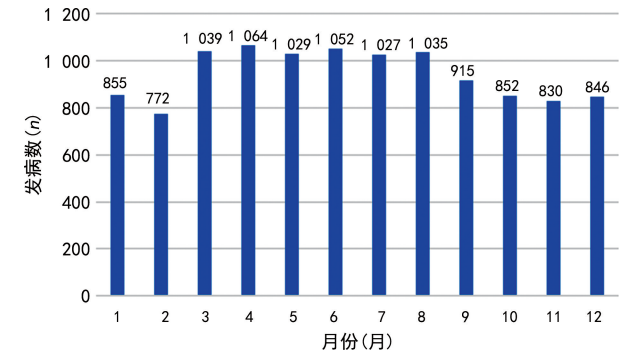


图 1 2014—2022 年镇江市肺结核各月累计发病数

2.3 建立模型 本文以 2014—2021 年的发病例数建立 ARIMA 季节模型,预测 2022 年的发病例数,并与实际值进行比较。

2.3.1 序列平稳化 2014—2022 年镇江市肺结核发病数共登记 11 316 例,发病高峰期在每年的春夏季节,冬季时发病数较少。由镇江市 2014—2022 年肺结核每月发病数时间序列图可知该序列的方差前后波动较大、极差间距变化较大,说明该序列图可能为非平稳序列并且存在一定的周期性。对江苏省镇江市肺结核发病数趋势特征分析中可得其长期趋势表现为 2014—2016 年、2017—2018 年、2019—2022 年不断下降,2016—2017 年、2018—2019 年小幅回升,且具有季节性特征。

对序列进行一阶趋势性差分和一阶季节性差分后,序列图基本趋于平稳,见图 2。差分后的 ACF 图和 PACF 图无明显拖尾和截尾现象、无线性衰减,符合构建 ARIMA 模型条件,见图 3。

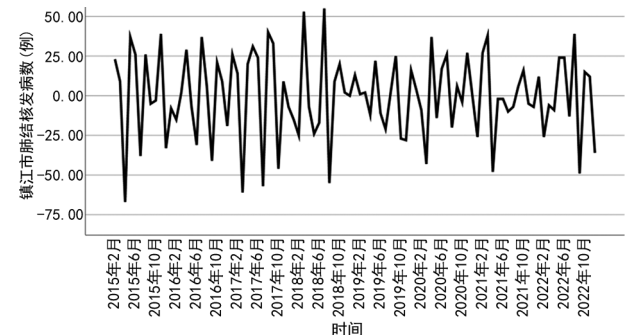
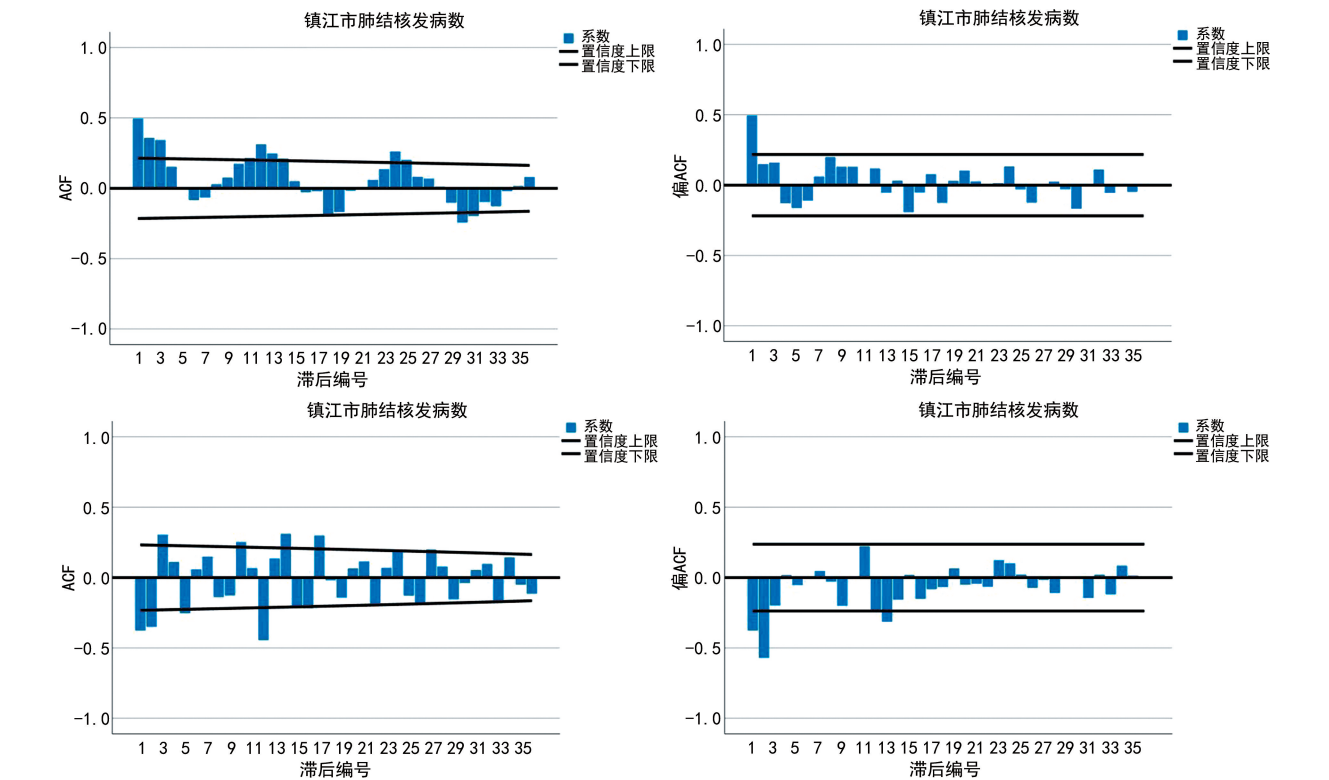


图 2 一阶趋势性差分和一阶季节性差分后镇江市肺结核月发病数时间序列图



注:上方为原始时间序列 ACF 和 PACF 图;下方为趋势和季节差分一次后时间序列 ACF 和 PACF 图。

图 3 镇江市肺结核时间序列 ACF 和 PACF 图

2.3.2 平稳性检验 根据对数化的 1 阶 12 步差分的序列图和自相关图粗略判断平稳性,然后对差分后的序列使用 ADF 检验进一步验证序列是否平稳。

检验结果显示,1 阶 12 步差分后的序列的 ADF 统计值为 13.908, $P<0.01$,因此可以拒绝存在单位根的原假设,并认为差分序列平稳。

2.3.3 模型识别 首先从差分序列的自相关图和偏自相关图的 12 阶以内的特征来确定发病数序列的短期自相关模型。从图形中可以看到,自相关图在延迟 1~3 阶的系数显著非零,并且在 3 阶之后明显还有其他延迟阶数的自相关系数落在区间外;偏自相关系数在延迟 1~2 阶的系数落在横线外,之后还存在偏自相关系数显著非零的情况,因此自相关图和偏自相关图呈现拖尾特征,可以尝试在 $p=(1,2)$ 及 $q=(1,2)$ 的情况下建立 $ARMA(p,q)$ 模型。

2.3.4 季节性分解 通过季节性分解,可观察季节

项的特征。从趋势项的图形中可以看出,季节性分解后的数据基本不存在周期性特征;季节因子在 2 月的值最低,在 3—8 月的值在 100% 以上。见图 4。

2.3.5 模型参数估计与诊断 考虑到序列呈现的季节特征,再次观察自相关图和偏自相关图在延迟 12、24 阶的系数。在 12 阶的自相关系数和偏自相关系数均显著非零,而延迟 24 阶的系数落在区间内,这时以 12 步为周期的 $ARMA(1,1)_{12}$ 、 $ARMA(1,0)_{12}$ 、 $ARMA(0,1)_{12}$ 模型提取差分后序列的季节自相关信息。

综合以上信息,尝试针对对数化序列建立季节乘法模型,在 $p=(1,2)$ 、 $q=(1,2)$ 时拟合乘法模型 $ARI-MA(p,1,q)\times(1,1,1)_{12}$ 并根据模型平稳 R^2 、BIC 等统计量,以及参数显著性选择最佳模型。

从表格来看, $ARIMA(1,1,1)\times(1,1,0)_{12}$ 的 BIC 值最小,残差白噪声也通过检验,模型参数估计见表 2、3。

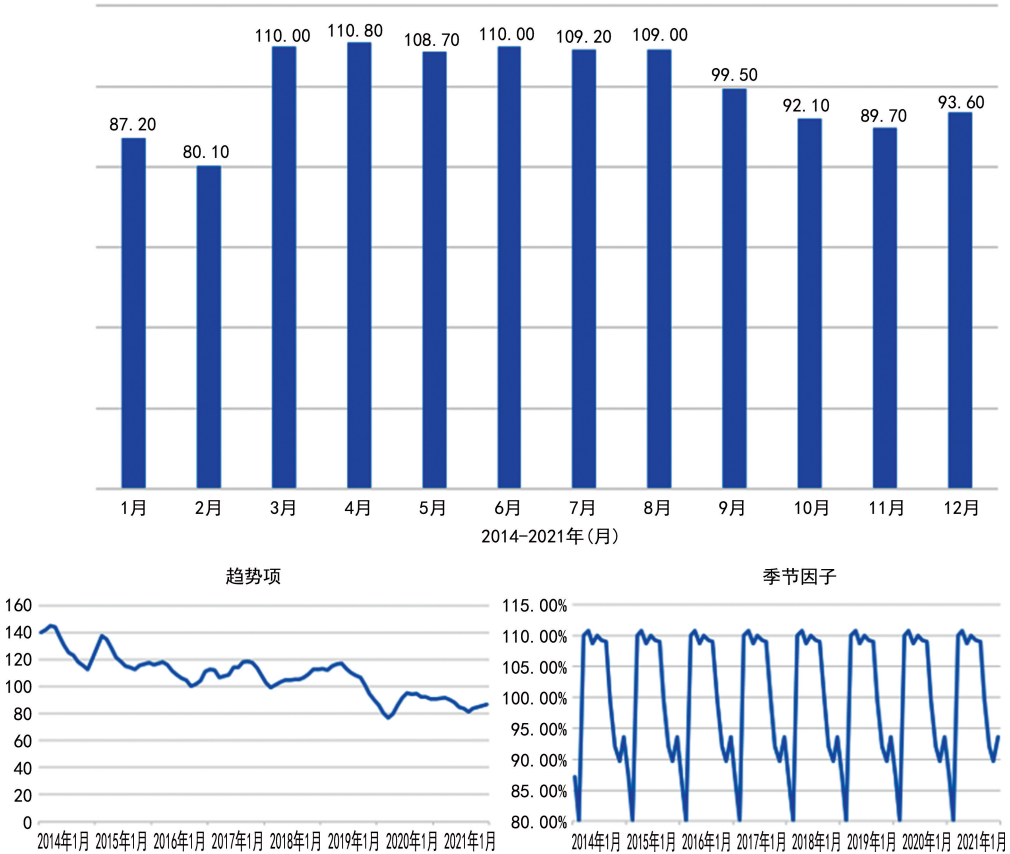


图 4 镇江市肺结核时间序列 ACF 和 PACF 图

表 2 模型参数估计表

短期自相关	季节项	平稳 R^2	BIC	LB	季节项	平稳 R^2	BIC	LB	季节项	平稳 R^2	BIC	LB
ARMA(1,1,1)	$(1,1,1)_{12}$	0.573	5.949	0.118	$(1,1,0)_{12}$	0.561	5.913	0.140	$(0,1,1)_{12}$	0.552	5.915	0.052
ARMA(2,1,1)		0.580	5.999	0.327		0.573	5.952	0.438		0.558	5.966	0.241
ARMA(1,1,2)		0.576	6.011	0.116		0.567	5.970	0.178		0.558	5.974	0.034
ARMA(2,1,2)		0.586	6.047	0.257		0.577	6.003	0.352		0.559	6.026	0.161

表 3 ARIMA(1,1,1)×(1,1,0) ₁₂ 参数估计表				
项目	估算	标准误差	t	显著性
AR	0.021	0.132	0.156	0.876
MA	0.848	0.075	11.379	0.000
AR,季节性	-0.624	0.093	-6.726	0.000

可以看到,短期自相关部分的 AR 系数不显著,因此建立 ARIMA(0,1,1)×(1,1,0)₁₂。见表 4。

表 4 ARIMA(0,1,1)×(1,1,0) ₁₂ 参数估计表				
项目	估算	标准误差	t	显著性
MA	0.837	0.065	12.851	0.000
AR,季节性	-0.627	0.092	-6.826	0.000

最终的 ARIMA(0,1,1)×(1,1,0)₁₂ 回归模型为: $\nabla \nabla^{12} \ln P_t = \frac{1-0.837B}{(1+0.627B^{12})} \varepsilon t$,残差自相关系数在各阶延迟下的系数均落在区间内,因此可以认为残差不存在自相关,并且通过了白噪声检验,因此模型是有效的。

2.3.6 模型拟合效果评价 应用构建的 ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂ 模型对镇江市 2022 年肺结核 1—12 月发病数进行拟合,拟合值与实际发病数进行比较,结果显示实际值与预测值存在一定的偏差,但均在拟合值的 95%可信区间内,模型拟合度较好。模型预测结果与实际情况在总体趋势上基本一致,流行高峰与低谷符合实际情况,可用于预测镇江市肺结核流行情况。2022 年共报告肺结核发病数 939 例,模型预测值为 936 例。模型的预测精度上,2022 年结核病发病数平均相对误差为 19.20%,说明该模型长期预测效果一般,见表 5。

2.3.7 新冠病毒感染疫情后模型预测分析 利用 ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂ 模型对镇江市 2022 年肺结核进行预测,2022 年 2 月肺结核发病率降至历史低

点,为 1.91/10 万,2022 年 4 月显示观察值与预测值相对误差为 50.88%,见图 5。同时,2022 年 1—12 月镇江市肺结核平均月发病数预测值和实际值均低于 2021 年的 87 例月平均发病数,2023 年月平均肺结核发病数预测值也少于 2022 年,预计在新冠病毒感染疫情后短期内,镇江市的肺结核发病数仍将保持下行趋势。见表 6。

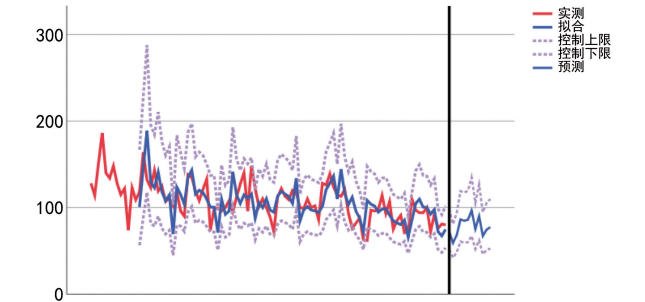


图 5 镇江市肺结核 ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂ 模型拟合图

表 5 2022 年 1—12 月镇江市肺结核实际发病数与预测发病数比较				
月份 (月)	实际值 (n)	预测值 (n)	绝对预测 误差(n)	相对预测 误差(%)
1 月	72	72	0	0
2 月	48	59	11	22.92
3 月	79	68	11	13.92
4 月	57	86	29	50.88
5 月	78	85	7	8.97
6 月	102	86	16	15.69
7 月	95	97	2	2.11
8 月	106	75	31	29.25
9 月	77	90	13	16.88
10 月	76	67	9	11.84
11 月	93	74	19	20.43
12 月	56	77	21	37.50

表 6 2022—2023 年镇江市月发病数预测值与 2022 年实际月发病数比较(n)													
比较项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	月平均
2022 年预测值	72	59	68	86	85	86	97	75	90	67	74	77	78
2022 年实际值	72	48	79	57	78	102	95	106	77	76	93	56	78
2023 年预测值	64	60	82	83	81	81	88	65	82	65	70	71	74

3 讨 论

本研究结果显示,2014—2022 年镇江市活动性肺结核报告发病率 9 年间下降了 40.89%,年均递降率达 4.54%,肺结核控制成效显著,但肺结核仍长期位列镇江市甲乙类传染病报告病例数的前三位。肺结核作为一种慢性呼吸道传染病,其疗程长、易感的特

点给社会造成了极大的危害和负担,因此,科学地预测预警肺结核疫情,对配置布局传染病防控资源、提早制定防控策略具有重要指导意义^[2]。由镇江市肺结核发病时间序列图和模型拟合结果可知,肺结核流行高峰期每年 3—8 月,全年流行低谷为 2 月,具有明显的季节性。高峰期的形成一方面与春夏时节气

候适宜结核分枝杆菌繁殖传播有关;另一方面,每年 2 月通常恰逢春节期间,就医人数相对减少,而 3 月时积压的患者就诊造成了肺结核报告病例数的激增,形成“春节效应”^[7-8]。因此,春节期间的防控工作对于延缓或降低肺结核高发期的影响至关重要。与此同时,每年学生毕业体检及入学体检,也可能与高峰期的形成有关^[2]。

本研究发现,2020 年是镇江市近 9 年内肺结核的发病数和发病率降幅最大的一年,与 2019 年相比,年肺结核总发病数减少 240 例,年发病率下降 7.4/10 万。而在随后的 2020—2022 年中,发病数和发病率均持续下降,且 2022 年实际发病数小于或等于预测发病数。出现这种现象的原因可能有两点:一是新冠病毒感染疫情防控措施中公共场合均需佩戴口罩的要求阻断了呼吸道飞沫传播这一肺结核的主要传播途径^[5];二是由于疫情防控期间就诊时感染的高风险和人员流动限制措施阻碍了患者及时到医院就诊,从就诊数据上看,2019 年镇江市县级以上医院总诊疗例次达 1 045.1 万人次,而 2020、2021 年这一数据回退至 835.2 万人次和 873.9 万人次,仅相当于 2012 年的水平。就诊例数的下降削弱了肺结核患者的发现能力,进而导致肺结核报告发病数的下降。但是主要下降原因仍应归于戴口罩、保持社交距离等防控措施的实施阻断了肺结核的传播。根据模型预测结果,预计 2023 年,镇江市将保持肺结核流行下行趋势,发病数将进一步减少。但当前新冠病毒感染疫情形势变化、管控措施优化调整、肺结核患者发现能力的恢复与提升可能加大预测结果与实际的误差。

近年来,ARIMA 模型、Holt-Winters 模型、灰色动态模型等^[9-12]被广泛应用于肺结核的预测中。本研究采用的 ARIMA 模型,在建模的过程中考虑了时间序列的线性趋势、季节性、周期性及随机误差和非季节成分^[13],兼顾了肺结核发病数时间序列的自相关性和季节规律^[14],在肺结核流行趋势预测中展现出较好的准确度。但在本研究利用 ARIMA 模型对 2022 年肺结核发病数进行预测时,4、12 月的预测值相对误差分别为 50.88%、37.50%,查阅数据发现该月肺结核发病率创下 8 年来历史最低纪录,分别为 1.77/10 万、1.74/10 万,而此时镇江市均存在本土新冠病毒感染疫情,说明因本地新冠病毒感染的始发造成的人员流动限制、本市医疗资源大量向新冠病毒感染疫情防控倾斜,就诊期间感染新冠病毒的高风险和医院严格防控措施引发的患者就诊意愿下降,导致了肺结核病例发现能力被削弱,最终体现于模型预测失灵、实际报告肺结核发病数和发病率异常低的现象。但由于本研究中的肺结核发病数实际值为传染病疫情法定报告中的数值,即被发现的肺结核患者数,以及新冠

病毒感染疫情导致的肺结核患者发现能力的削弱,事实上的肺结核发病数应在一定程度上高于法定报告中的数值。从模型预测的月平均值与实际值相同的结果分析,模型预测值可能比传染病法定报告更接近于实际的肺结核流行情况,且更准确反映了事实上的肺结核月发病数,在上海市^[5]、四川省^[15]和湖北省荆州市^[16]的相关研究中也表达了类似的观点。然而肺结核流行趋势的影响因素众多,模型难免有考虑不周全之处^[17]。在未来的实际应用中,应不断收集积累新的时间序列数据,结合实际定期更新预测模型,才能得到更加贴近实际的预测结果,为肺结核防控工作提供科学的流行趋势预测与分析数据支撑^[18-19]。并且由于各地的最优模型和预测效果不尽相同^[20],ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂ 模型仅适用于当前镇江市肺结核流行趋势的短期预测,实际运用时需要因时因地制宜调整合适的模型参数,也可通过加权组合模型克服单一模型的局限和片面,进一步提升预测准确度并增加稳定性^[17]。

参考文献

- [1] 2021 年全国法定传染病疫情概况[J]. 中国病毒病杂志,2022,12(3):236.
- [2] 张正斌,段琼红,李月华,等. ARIMA 模型在武汉市结核病疫情预测中的应用[J]. 公共卫生与预防医学,2017,28(3):27-30.
- [3] World Health Organization. Global tuberculosis report 2022[R]. Geneva: World Health Organization,2022.
- [4] 沈鑫,沙巍,刘剑君. 新型冠状病毒肺炎疫情对结核病防控的影响及对策[J]. 中国防痨杂志,2020,42(6):544-548.
- [5] 乐博昕,刘效峰,王娜,等. 基于 ARIMA 的新冠肺炎疫情影响前后结核病流行趋势预测与分析[J]. 实用预防医学,2022,29(11):1299-1302.
- [6] 潘静静,王文华,王莹莹,等. 季节性 ARIMA 模型在河南省猩红热发病预测中的应用[J]. 河南预防医学杂志,2022,33(12):899-902.
- [7] 吕锐利. 春节效应对传染病网络直报工作的影响[J]. 中国热带医学,2014,14(11):1364-1366.
- [8] 魏珊,陆一涵,高眉扬,等. 中国主要法定报告传染病的“春节效应”研究[J]. 复旦学报(医学版),2013,40(2):153-158.
- [9] 付志勇,陈秋萍,陈田木,等. ARIMA 模型在肺结核疫情预测中的应用[J]. 热带医学杂志,2011,11(12):1350-1353.
- [10] 闵涛,申旭,杨胜. 一类传染性疾病动力学数学模型的参数反演[J]. 应用泛函(下转第 30 页)

thermia Temp Manag, 2021, 11(4): 208-215.

[8] 张锐红. 研究手术室护理对腹腔镜结直肠癌术中低体温的预防效果[J]. 大健康, 2021(17): 49.

[9] 刘建玲, 白海明, 张森, 等. 分析手术室护理对腹腔镜结直肠癌术中低体温的预防效果[J]. 中国保健营养, 2020, 30(28): 278-279.

[10] 孙亮, 高倩, 王广, 等. 麻醉后恢复室期间全身麻醉患者发生低体温的影响因素[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(1): 52-56.

[11] 祝文澜. 手术室护理对腹腔镜结直肠癌术中低体温的预防效果[J/CD]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7(增 4): 95.

[12] 刘琳, 邓漂, 冯龙. 腹腔镜结直肠癌手术术中低体温预警模型的构建与验证[J]. 中国实用护理杂志, 2022, 38(20): 1546-1553.

[13] 刘静, 姚盛云. 手术室护理对腹腔镜结直肠癌术中低体温的预防效果[J/CD]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7(23): 81.

[14] CUMIN D, FOGARIN J, MITCHELLS J, et al. Perioperative hypothermia in open and laparoscopic colorectal surgery [J]. Anz J Surg, 2022, 92(5): 1125-1131.

[15] 普鹰, 张莹, 汤佳骏, 等. 腹腔镜手术患者术中低体温预测模型的构建及应用[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(9): 1308-1312.

[16] FAHIM M, DUKSMAN L M, BIESMA D H, et al. Effect of intra-operative hypothermia on post-operative morbidity in patients with colorectal cancer[J]. Surg Infect (Larchmt), 2021, 22(8): 803-809.

[17] 李丽, 颜艳, 房馨, 等. 腹腔镜手术患者术中低体温风险预测模型的构建及验证[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(4): 463-468.

[18] HANNA D N, HAWKINS A T. Colorectal: Management of postoperative complications in colorectal surgery[J]. Surg Clin North Am, 2021, 101(5): 717-729.

[19] 国家麻醉专业质量控制中心. 围术期患者低体温防治专家共识(202 版)[J]. 协和医学杂志, 2023, 14(4): 734-743.

[20] DEKKER E, TANIS P J, VLEUGEISJ L A, et al. Colorectal cancer [J]. Lancet, 2019, 394(10207): 1467-1480.

(收稿日期: 2023-05-20 修回日期: 2023-10-15)

(上接第 25 页)

分析学报, 2020, 22(3): 124-132.

[11] 胡亚伟. 基于大数据分析的手足口病地区发病疫情预测模型研究与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2019.

[12] 赵晶, 郭晓雷, 吴炳义, 等. GM(1,1)灰色预测模型和 ARIMA 模型在拟合山东省心脑血管疾病死亡率中的应用[J]. 现代预防医学, 2016, 43(10): 1732-1734.

[13] WANG C L, LI Y D, FENG W, et al. Epidemiological features and forecast model analysis for the morbidity of influenza in Ningbo, China, 2006 — 2014 [J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 14(6): 559.

[14] 付之鸥, 周扬, 陈诚, 等. 时间序列分析与机器学习方法在预测肺结核发病趋势中的应用[J]. 中国卫生统计, 2020, 37(2): 190-195.

[15] 李婷, 何金戈, 夏岚, 等. 新型冠状病毒肺炎疫情对四川省结核病患者登记情况的影响分析[J]. 中国防痨杂志, 2021, 43(9): 929-938.

[16] 李俊, 张云, 刘锦宏, 等. 新冠肺炎疫情对湖北省荆州市结核病控制影响分析[J]. 中国公共卫生, 2022, 38(10): 1340-1344.

[17] 赖晓莹, 钱俊. ARIMA-LSTM-XGBoost 加权组合模型在肺结核发病趋势预测的研究[J]. 现代预防医学, 2021, 48(1): 5-9.

[18] 茅蓉, 王远航, 葛锐. 基于自回归移动平均模型的浙江省肺结核发病趋势预测[J]. 疾病监测, 2022, 37(5): 652-656.

[19] 杨召, 叶中辉, 尤爱国, 等. 乘积季节 ARIMA 模型在结核病发病率预测中应用[J]. 中国公共卫生, 2013, 29(4): 469-472.

[20] 林淑芳, 周银发, 张山鹰, 等. 2010—2019 年福建省肺结核流行特征及发病预测模型应用[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(7): 768-774.

(收稿日期: 2023-06-29 修回日期: 2023-10-11)