

应用 SARIMA 模型评估新型冠状病毒感染疫情及防控措施对手足口病流行趋势的影响

陈亿雄¹, 任萌¹, 张雪², 张晟¹, 王梓琪¹, 杜向军², 张新东¹

1. 深圳市宝安区疾病预防控制中心, 广东 深圳 518101; 2. 中山大学公共卫生学院(深圳)

摘要:目的 探讨新型冠状病毒感染疫情及防控措施对深圳市宝安区手足口病流行趋势的影响。方法 基于深圳市宝安区 2014—2019 年(大流行前)及 2020—2022 年(大流行及“乙类甲管”期)的手足口病发病率数据, 利用季节性差分自回归移动平均模型分别建立反事实模型, 预测 2020—2023 年及 2023 年(持续流行及“乙类乙管”阶段)的手足口病发病率, 并与实际发病率比较。结果 与预测结果相比, 2020—2022 年的手足口病实际发病规模下降 45.29%~85.71%, 且时间分布特点发生变化。手足口病发病率在 2023 年迅速回升, 全年发病规模较基于“乙类甲管期”的预测值提升 125.73%, 但低于基于新冠大流行前数据预测值。结论 新冠疫情及防控措施显著影响深圳市宝安区手足口病流行趋势, 短期内降低发病率, 但长期缺乏免疫刺激可能导致发病率上升。建议持续监测手足口病流行趋势, 特别是在防控措施放宽时应加强疫苗接种, 以保护公众健康。

关键词:新型冠状病毒感染; 手足口病; SARIMA 模型; 流行病学分析

中图分类号: R725.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)05-818-08

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202408296

Evaluating the impact of the COVID – 19 pandemic and the prevention and control measures on the epidemic trend of hand, foot, and mouth disease using the SARIMA model

CHEN Yi-xiong*, REN Meng, ZHANG Xue, ZHANG Sheng, WANG Zi-qi, DU Xiang-jun, ZHANG Xin-dong

*Bao'an District Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen, Guangdong 518101, China

Abstract: Objective To explore the impact of the COVID – 19 pandemic and the prevention and control measures on the epidemic trend of hand, foot, and mouth disease in Bao'an District, Shenzhen. **Methods** Based on the incidence data of hand, foot, and mouth disease in Bao'an District, Shenzhen from 2014 to 2019 (pre-pandemic) and from 2020 to 2022 (pandemic and “Class A Infectious Disease Management for Class B Infectious Diseases” period), counterfactual models were established respectively using the seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) model to predict the incidence of hand, foot, and mouth disease in 2020 to 2023 and 2023 (continuous epidemic and “Class B Infectious Disease Management” stage), followed by comparison with the actual incidence. **Results** Compared with the predicted results, the actual incidence scale of hand, foot, and mouth disease from 2020 to 2022 decreased by 45.29% to 85.71%, and the characteristics of time distribution changed. The incidence of hand, foot, and mouth disease rebounded rapidly in 2023, and the annual incidence scale increased by 125.73% compared with the predicted value based on the “Class A Infectious Disease Management for Class B Infectious Diseases” period, but was lower than the predicted value based on the data before the COVID-19 pandemic. **Conclusion** The COVID-19 pandemic and prevention and control measures significantly affected the epidemic trend of hand, foot, and mouth disease in Bao'an District, Shenzhen, reducing the incidence in the short term, but the lack of immune stimulation in the long term may lead to an increase in the incidence. It is recommended to continuously monitor the epidemic trend of hand, foot, and mouth disease, and especially strengthen vaccination when prevention and control measures are relaxed to protect public health.

Keywords: COVID-19; Hand, foot, and mouth disease; SARIMA model; Epidemiological analysis

基金项目: 广东省深圳市宝安区科技创新局资助项目(2023JD148); 广东省深圳市宝安区医学会资助项目(BAYXH2024070)

作者简介: 陈亿雄(1982—), 男, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 传染病防治; 任萌(1994—), 女, 博士, 医师, 研究方向: 传染病防治; 陈亿雄和任萌为共同第一作者

通信作者: 张新东, E-mail: lmka@21cn.com

自 2019 年末新型冠状病毒(COVID-19)感染疫情暴发以来, 全球实施了社交距离、封锁等防控措施, 这些措施不仅控制了 COVID-19 的传播, 也对手足口病等其他传染病的流行模式产生了影响^[1-3]。手足口病主要影响儿童, 其流行受到公共卫生措施、社会行

为等因素影响^[4-5]。2020 年数据显示,广东省手足口病发病率因实施新冠防控措施下降了 76.2%^[1]。随着疫苗接种和防控措施放宽,手足口病传播模式可能改变。然而,自 2022 年 12 月防控策略调整为“乙类乙管”以来,这些措施如何影响手足口病流行趋势,研究仍有限。本研究选取深圳市宝安区作为研究对象,该区域人口密度大,是研究手足口病流行趋势的典型代表。研究采用季节性差分自回归移动平均模型(seasonal autoregressive integrated moving average model, SARIMA),旨在评估新冠感染疫情及防控措施对手足口病流行趋势的影响,为制定精准防控策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 资料收集 2014—2023 年深圳市宝安区常住人口数资料来源于深圳市统计局,2014 年 1 月 1 日—2023 年 12 月 31 日深圳市宝安区手足口病个案数据来自于“中国疾病预防控制中心信息系统”。手足口病为丙类法定传染病,病例的上报遵从《中华人民共和国传染病防治法》及《传染病信息报告管理规范》的有关规定,诊断标准依据中华人民共和国卫生行业标准(WS 588—2018)^[6]。

1.2 分析思路 自 2020 年 1 月 20 日起,中国将新冠病毒感染纳入乙类传染病范畴,实施甲类防控措施。2022 年 12 月,随着“新十条”发布及防控措施调整为“乙类乙管”,我国疫情防控进入新阶段。本研究将 2014—2023 年粗略地分为三个阶段:新冠大流行前期(2014—2019 年)、大流行及“乙类甲管”期(2020—2022 年)、持续流行及“乙类乙管”阶段(2023 年)。研究通过建立反事实模型,基于 2014—2019 年深圳市宝安区手足口病周发病率数据预测 2020—2023 年周发病率,并与实际数据对比,评估新冠疫情及防控措施对手足口病流行趋势的影响。进一步利用 2020—2022 年数据预测 2023 年周发病率,评估防控措施由“乙类甲管”调整为“乙类乙管”对手足口病发病规律的影响。

1.3 描述性分析 剔除结果缺失/有误的资料,按照病例记录的“发病日期”统计每周发病数。根据每年及上一年的年末常住人口数计算年中常住人口数。计数资料用率/构成比(%)描述,周发病率计算公式为:手足口病周发病率=(宝安区周发病数/同年宝安区年中常住人口数)×100 000;年发病率计算方式类似。使用描述性流行病学方法分析宝安区 2014—2023 年手足口病发病的人群分布与时间分布特征。使用经典时间序列分解中的加法模型分解手足口病的周发病率时间序列^[7-8],其假定时间序列为残差项、

趋势周期项与季节项加和而成。数学表达式为:

$$y_t = R_t + T_t + S_t$$

1.4 模型构建 SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s,是分析季节性时间序列数据的统计模型,它结合自回归(AR)、差分(I)、移动平均(MA)以及季节性自回归(SAR)和季节性移动平均(SMA)等成分,准确捕捉季节性模式^[9]。在模型中,“p”和“P”为自回归和季节性自回归项数,“d”和“D”为非季节性和季节性的差分阶数,“q”和“Q”为移动平均和季节性移动平均项数。

本研究构建 SARIMA 模型分析手足口病的季节性发病特征。首先,采用单位根检验(augmented dickey–fuller test, ADF)判断时间序列的平稳性。若非平稳则进行差分调整。接着为模型识别,根据上一步确定好 d 和 D,利用自相关函数(ACF)和偏自相关函数(PACF)分析确定非季节自回归参数 p 和移动平均参数 q 的取值范围,参数 P 和 Q 的取值通常不超过 2^[10]。此外,既往手足口病相关研究认为手足口病的流行周期为一年或者两年,因此本研究假定 P 和 Q 可能为 0、1、2 并遍历所有组合^[5、11]。随后为模型诊断,通过参数估计和模型检验选择最优模型。使用标准化贝叶斯信息准则(BIC)、赤池信息量准则(AIC)、决定系数(R²)、平均绝对误差(MAE)、均方根误差(RMSE)等指标比较模型的复杂度和拟合优度,用 Ljung–Box 检验判断残差序列是否为白噪声序列,以确保数据信息提取充分。最后,选取最佳参数组合用于预测,并计算预测值和实际值的相对误差^[12-13]。

1.5 统计分析 使用 Excel 2021 软件对手足口病病例数据进行汇总和整理,利用 Python 软件(版本 3.1.2)进行统计学描述及绘图,时间序列分解由 statsmodels 模块下的 seasonal_decompose 方法构建, SARIMA 模型由 statsmodels 模块下的 SARIMAX 方法构建。双侧检验水准 α=0.1。

2 结果

2.1 流行特征 2014—2023 年,深圳市宝安区手足口病累积报告 118 826 例,93.56% 为 5 岁及以下儿童(111 181 例),5.43% 为 6~12 岁儿童(6 455 例),男性病例 71 441 例(60.12%),多于女性的 47 385 例(39.88%)。2014—2019 年发病率波动于 424.20/10 万~583.98/10 万,2020 年新冠疫情后发病率明显下降,2022 年最低,为 69.55/10 万人。见图 1。

2014—2019 年,深圳市宝安区手足口病发病均呈双峰分布,一般春夏季(约 12~32 周)为主高峰,秋冬季(约 36~45 周)为次高峰,但 2017 年相反,秋冬季的高峰为主高峰。见图 2。

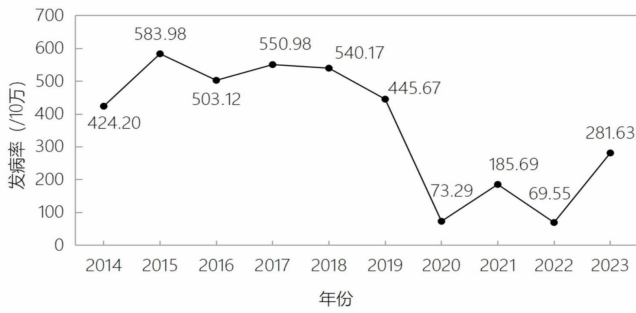


图 1 2014—2023 年深圳市宝安区手足口病年发病率

Figure 1 Annual incidence of hand, foot, and mouth disease in Bao'an district of Shenzhen from 2014 to 2023

2014—2023 年深圳市宝安区手足口病发病率时间序列分解显示,2020—2022 年发病率下降,2023 年有所上升但强度不及疫情前水平。手足口病季节性趋势明显,每年有两个发病高峰,第一个高峰强度较大。见图 3。

2.2 基于 2014—2019 年手足口病发病规律预测 2020—2023 年手足口病流行趋势 对 2014—2019 年原始数据进行一年的季节性差分和一阶差分之后 (D=1,d=1), 序列表现平稳,ADF 平稳性检验的 $P < 0.001$; 并且差分后的序列不是白噪声序列, Ljung-Box 检验的 $P < 0.001$ 。见图 4。

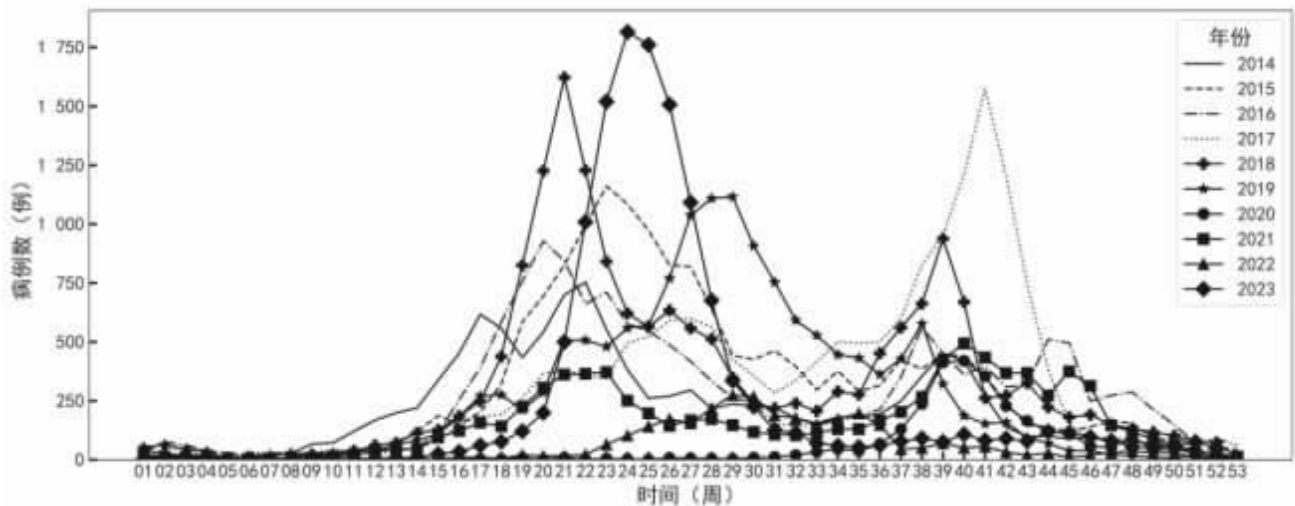
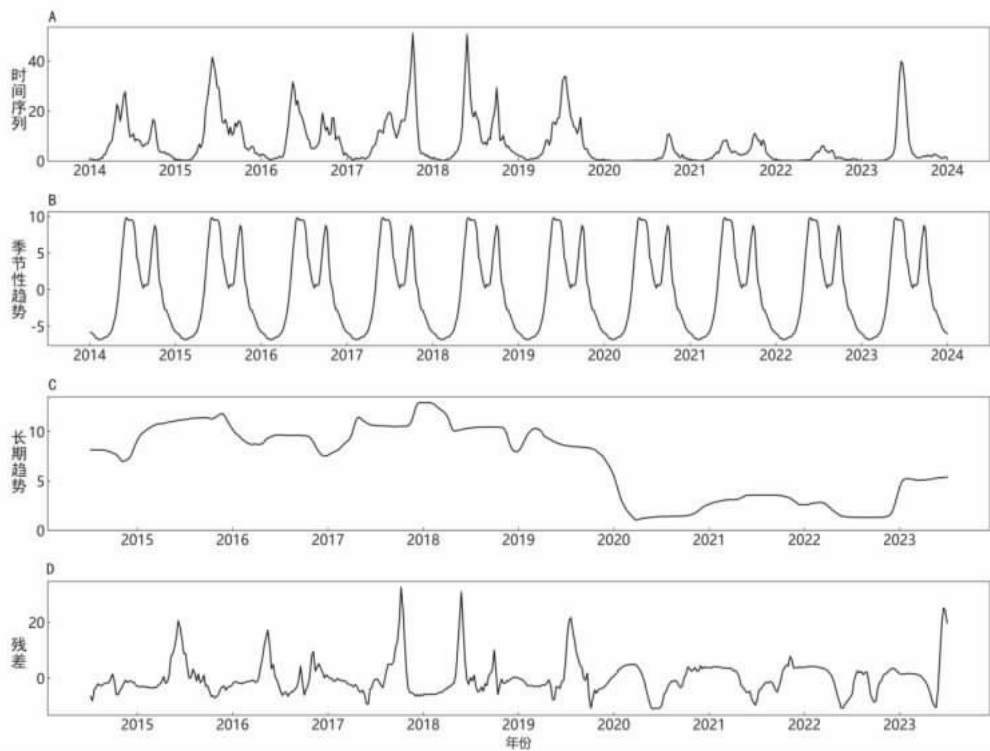


图 2 2014—2023 年深圳市宝安区手足口病周发病数分布

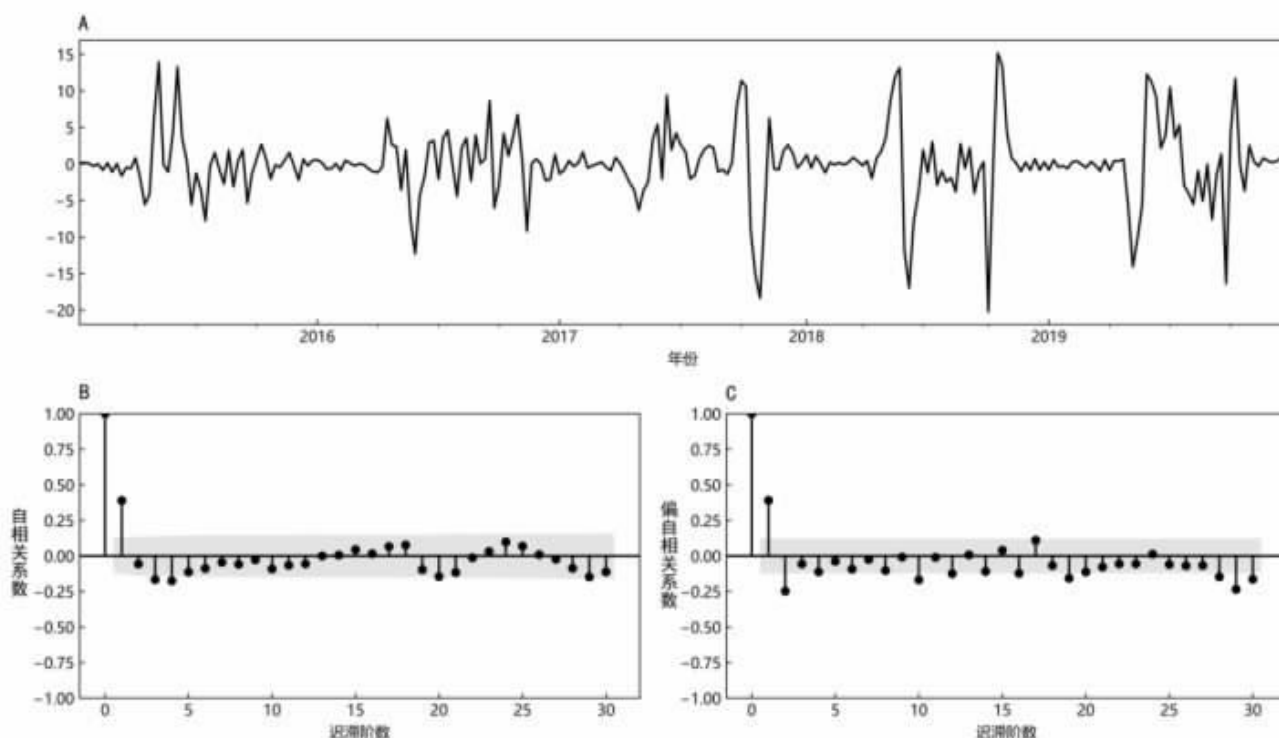
Figure 2 Weekly case distribution of hand, foot, and mouth disease in Bao'an district of Shenzhen from 2014 to 2023



注:图 A 为手足口病发病率的时间序列曲线;图 B 为季节性趋势;图 C 为长期趋势;图 D 为残差。

图 3 2014—2023 年深圳市宝安区手足口病发病趋势分解图

Figure 3 Decomposition chart of the trend in hand, foot, and mouth disease incidence from 2014 to 2023 in Bao'an district of Shenzhen



注:图 A 为原始数据转换后的时间序列图;图 B 为自相关图;图 C 为偏自相关图。

图 4 2014—2019 年原始数据转换后的时间序列图、序列的自相关图及偏自相关图

Figure 4 Time series plot, autocorrelation plot, and partial autocorrelation plot of the original data converted from 2014 to 2019

基于 2014—2019 年手足口病周发病率数据进行 SARIMA 建模,并对建模后的残差进行检验。经过筛选,最优模型为 SARIMA(1,1,2)(2,1,2)_{s2},模型的评价指

标如表 1。模型残差序列的 Ljung-Box 检验的 $P=0.540$,这提示序列为白噪声序列。

表 1 备选 SARIMA 模型及模型评价指标

Table 1 Alternative SARIMA models and model evaluation metrics

| 备选模型 | AIC | BIC | R^2 | RMSE | MAE |
|------------------------------------|----------|----------|-------|------|------|
| SARIMA(1,1,2)(2,1,2) _{s2} | 1 376.39 | 1 404.87 | 0.89 | 3.26 | 2.16 |
| SARIMA(2,1,2)(2,1,2) _{s2} | 1 386.02 | 1 418.07 | 0.89 | 3.31 | 2.17 |
| SARIMA(1,1,1)(1,1,0) _{s2} | 1 454.31 | 1 468.55 | 0.86 | 3.82 | 2.43 |

用构建的模型对 2020—2023 年的手足口病周发病率进行预测,并与实际周发病率进行比较,见图 5。2020 年全年发病率实际值比预测值相对减少了 85.71%,春夏季的发病高峰消失,秋冬季发病高峰规模变小;2021 年全年发病率实际值比预测值相对减少了 65.23%,保持双峰分布,但规模变小;2022 年全年发病率实际值比预测值相对减少了 86.70%,仅夏秋季一个高峰,且规模较小;2023 年全年发病率实际值比预测值相对减少 45.29%,仅夏季一个急剧上升的高峰。

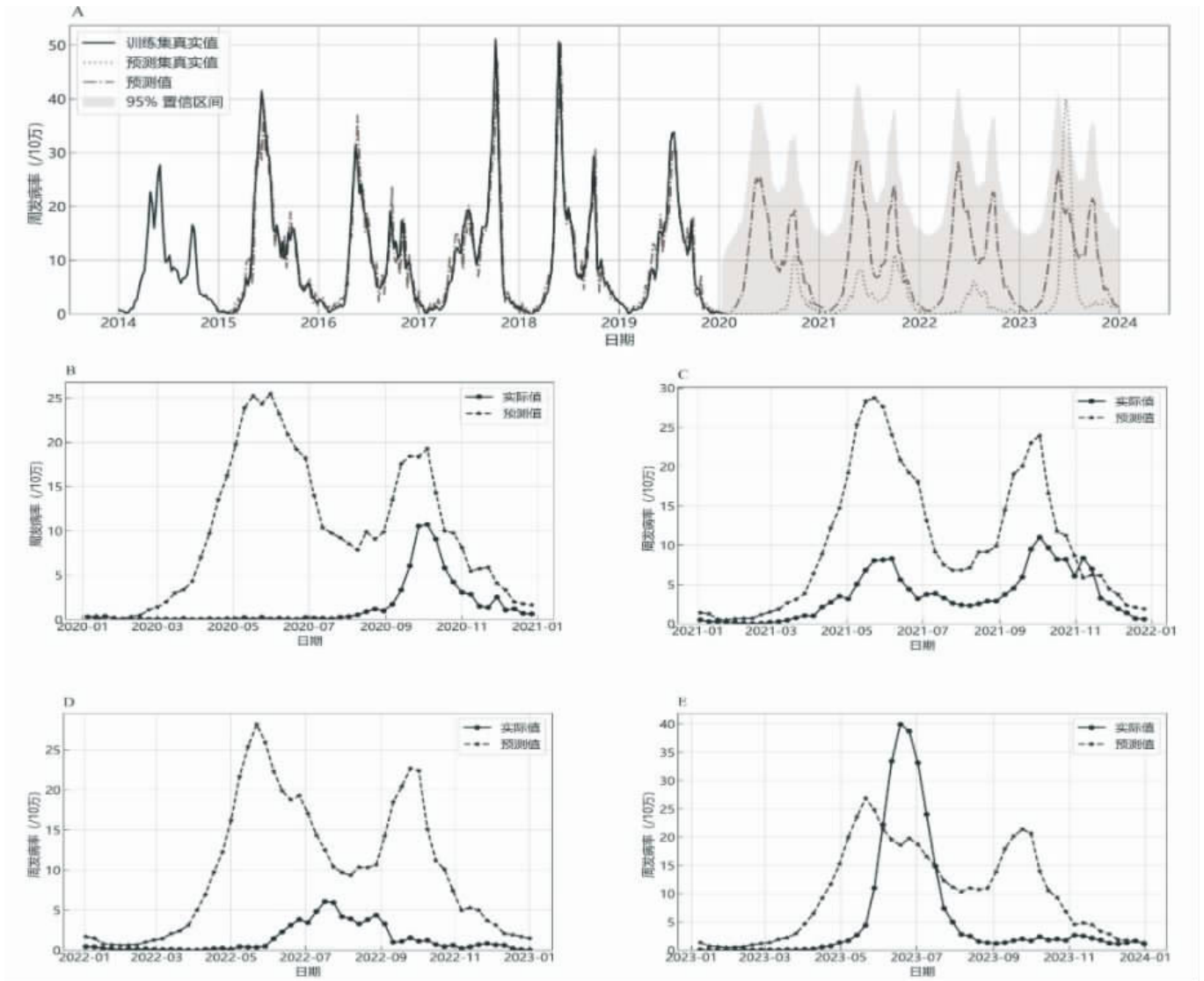
2.3 基于 2020—2022 年手足口病发病规律预测 2023 年手足口病流行趋势 对 2020—2022 年手足口病周发病率原始数据进行一年的季节性差分和一阶差分之后($D=1, d=1$),序列平稳,ADF 平稳性检验的 $P<0.001$;且差分后的序列为非白噪声序列, Ljung-Box 检验的 $P<0.001$,见图 6。

基于 2020—2022 年手足口病周发病率数据进行 SARIMA 建模。经过筛选,最优模型为 SARIMA(1,1,1)(1,1,0)_{s2},模型的评价指标如表 2。模型残差序列的 Ljung-Box 检验的 $P=0.980$,这提示序列为白噪声序列。

表 2 备选 SARIMA 模型及模型评价指标

Table 2 Alternative SARIMA models and model evaluation metrics

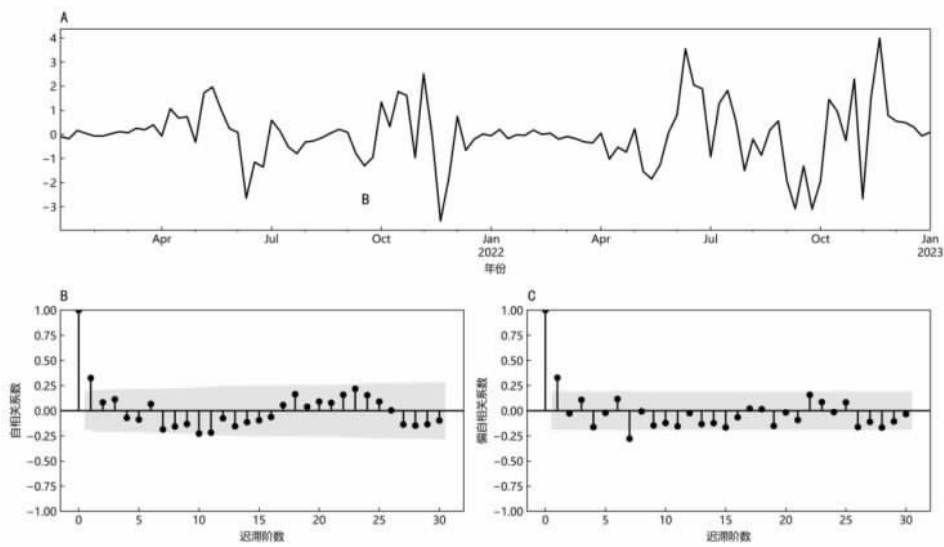
| 备选模型 | AIC | BIC | R^2 | RMSE | MAE |
|------------------------------------|--------|--------|-------|------|------|
| SARIMA(1,1,1)(1,1,0) _{s2} | 310.45 | 321.02 | 0.87 | 0.96 | 0.62 |
| SARIMA(2,1,2)(1,1,1) _{s2} | 316.17 | 334.68 | 0.87 | 0.96 | 0.63 |
| SARIMA(1,1,1)(0,1,1) _{s2} | 312.70 | 323.28 | 0.86 | 0.97 | 0.63 |



注:图 A 为基于 2014—2019 年手足口病发病规律预测 2020—2023 年手足口病发病趋势;图 B 为 2020 年手足口病发病率实际值与预测值比较;图 C 为 2021 年手足口病发病率实际值与预测值比较;图 D 为 2022 年手足口病发病率实际值与预测值比较;图 E 为 2023 年手足口病发病率实际值与预测值比较。

图 5 深圳市宝安区 2020—2023 年手足口病发病率预测值及实际值比较图

Figure 5 Comparison of predicted and actual incidence of hand, foot, and mouth disease in Bao'an district of Shenzhen from 2020 to 2023



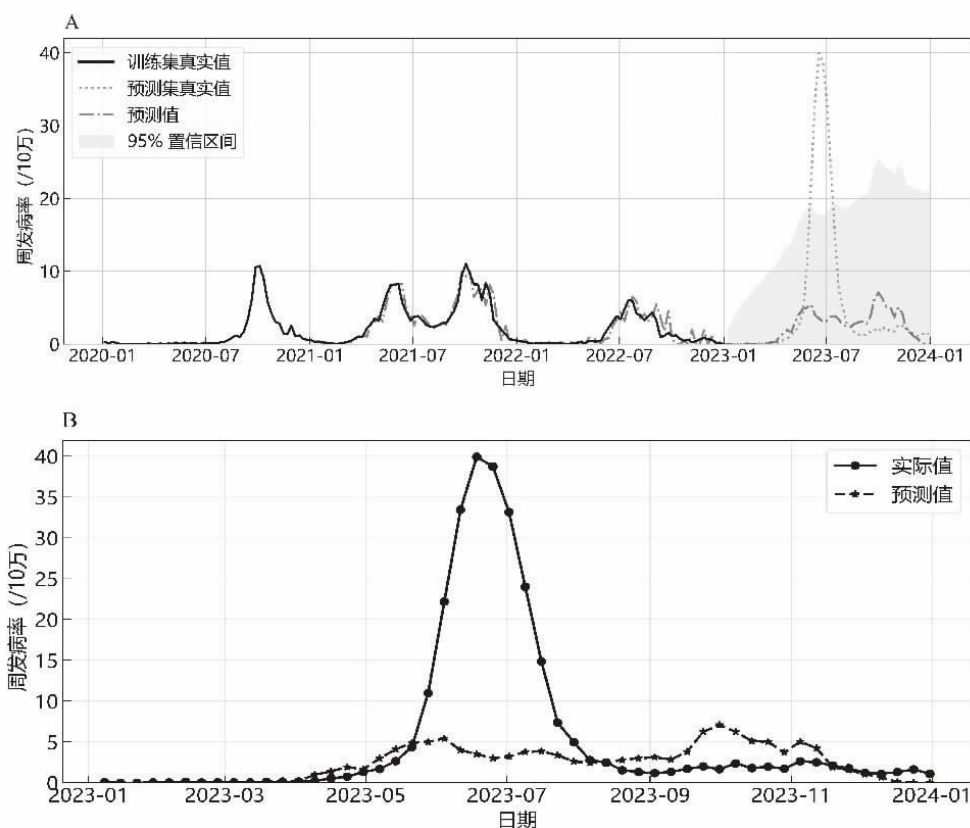
注:图 A 为原始数据转换后的时间序列图;图 B 为自相关图;图 C 为偏自相关图。

图 6 2020—2022 年原始数据转换后的时间序列图、序列的自相关图及偏自相关图

Figure 6 Time series plot, autocorrelation plot, and partial autocorrelation plot of the original data converted from 2020 to 2022

用构建的模型对 2023 年的手足口病周发病率进行预测,并与实际周发病率进行比较,见图 7。2023 年全年发病率实际值比预测值相对增长了 125.73%,预

测的发病规律为两个低矮的双峰(春夏季及秋冬季各一个),实际则为尖锐的夏季高峰。



注:图 A 为基于 2020—2022 年手足口病发病规律预测 2023 年手足口病发病趋势;图 B 为 2023 年手足口病发病率实际值与预测值比较。

图 7 深圳市宝安区 2023 年手足口病发病率预测值及实际值比较图

Figure 7 Comparison of predicted and actual incidence of hand, foot, and mouth disease in Bao'an district of Shenzhen in 2023

3 讨论

传染病发病率受多种因素影响,包括病原体传播特性、防控措施效果和人群免疫水平等。本研究发现,2020—2022 年新冠防控措施显著降低了手足口病发病规模并改变其季节性模式。这一趋势在广东省^[1]、浙江省^[14]、河南省^[15]、郑州市^[16]、苏州市^[17]及德国^[18]的研究中得到证实。广东省的研究显示新冠防控措施使手足口病发病率下降 76.2%^[1]。郑州市的研究指出,实际值比预测值减少 33.15%,发病峰值推迟 14 周^[16]。这些结果强调了新冠防控措施在控制传染病流行中的潜在效益。

2020—2022 年新冠疫情期间,深圳市宝安区实施严格的防控措施,如停课、限流、社区管理等,有效降低了人际接触频率^[19-20],从而减少了手足口病的传播,显著降低了其发病规模。这些综合措施还可能改变病毒的传播模式,抑制手足口病的“双峰”季节性特征,导致首个发病高峰推迟或消失。

同时,公众健康意识在新冠防控期间得到显著提升,卫生预防行为得到加强。调查表明,在 1 级和 2 级

应急响应期间,人们减少外出,避免去拥挤场所,加强洗手^[21-22],口罩使用率提高,介于 83.7%~97.0% 之间^[22-23]。这些行为显示公众对 COVID-19 的防护意识和行动能力较强,对控制手足口病的传播起到了积极作用。

新冠疫情期间的防控措施导致人群免疫负债累积,可能成为疫情后期手足口病发病规模急剧上升的关键因素。本研究观察到,2023 年防控措施调整为“乙类乙管”后,手足口病发病率迅速回升,呈现单一高强度峰值,远超预测。此外,社会活动的恢复促进了流感等呼吸道病原体的反季节性增强,形成与新冠等病原体的交互流行现象^[24-25]。

在新冠疫情防控期间,由于减少病原体暴露,人群缺乏自然免疫刺激,削弱了自然免疫成分。同时,防疫措施导致疫苗接种推迟或取消^[26],阻断了人工免疫途径,降低了整体免疫保护水平^[27-28],无法形成有效的群体免疫屏障。随着疫情解封,由于之前的免疫刺激不足,人群对手足口病等疾病的易感性增加,导致发病率显著上升。

在疫情防控与日常免疫刺激之间寻求平衡至关重要。在调整防控政策前,应优先为高危人群接种疫苗,加强特定人群监测并优化医疗资源配置,以应对手足口病的流行变化。提高手足口病疫苗接种率和扩大接种范围是构建群体免疫屏障、降低疾病传播风险的关键^[29]。同时,强化托幼机构和家庭等重点区域的症状监测,实现早期识别,以有效遏制疫情传播。此外,持续的病原监测,特别是对手足口病重症和死亡病例的关注,对评估疫苗接种效果、预警疫情变化和指导公共卫生策略至关重要。

本研究运用 SARIMA 模型预测深圳市宝安区手足口病发病率,量化新冠肺炎疫情及防控措施的影响,为深入理解手足口病的流行趋势提供了重要依据。但研究仍存在一定局限。SARIMA 模型依赖历史数据,难以应对病毒变异和人群行为变化,且未考虑气候、地理、社会经济等因素,也未对病原类型进行区分。未来研究需进一步深入探索相关领域。

致谢 感谢本次科研及论文协作过程中杜向军教授及其科研团队、单位领导及科室同事的指导和支持。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Xiao JP, Dai JY, Hu JX, et al. Co-benefits of nonpharmaceutical intervention against COVID-19 on infectious diseases in China: A large population-based observational study [J]. *The Lancet Regional Health - Western Pacific*, 2021, 17: 100282.
- [2] Liu WC, Wang RN, Li Y, et al. The indirect impacts of nonpharmacological COVID-19 control measures on other infectious diseases in Yinchuan, Northwest China: a time series study [J]. *BMC Public Health*, 2023, 23(1): 1089.
- [3] Chen BZ, Wang ML, Huang X, et al. Changes in incidence of notifiable infectious diseases in China under the prevention and control measures of COVID-19[J]. *Front Public Health*, 2021, 9(10): 728768.
- [4] Yu HJ, Cowling BJ. Remaining challenges for prevention and control of hand, foot, and mouth disease [J]. *Lancet Child Adolesc Health*, 2019, 3(6): 373-374.
- [5] 张静,李秀惠,李丽,等. 手足口病病原学和流行病学研究进展 [J]. *中华流行病学杂志*, 2022, 43(5): 771-783.
Zhang J, Li XH, Li L, et al. Etiology and epidemiology of hand, foot and mouth disease in China [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2022, 43(5): 771-783.(In Chinese)
- [6] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS 588-2018 手足口病诊断[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. WS 588-2018 Diagnosis for hand, foot and mouth disease [S]. Beijing: Standards Press of China, 2014. (In Chinese)
- [7] 刘峰,朱妮,邱琳,等. ARIMA 乘积季节模型在陕西省手足口病预测中的应用 [J]. *中华流行病学杂志*, 2016, 37(8): 1117-1120.
Liu F, Zhu N, Qiu L, et al. Application of R-based multiple seasonal ARIMA model, in predicting the incidence of hand, foot and mouth disease in Shaanxi province [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2016, 37(8): 1117-1120.(In Chinese)
- [8] 陈敏俊. 基于时间序列分析的手足口病原体流行趋势预测 [D]. 南京:东南大学, 2020.
Chen MJ. Forecasting the epidemic trends of hand, foot, and mouth disease pathogens based on time series analysis [D]. Nanjing: Southeast University, 2020.(In Chinese)
- [9] 熊昱阳,任静朝,段广才. 中国 2008-2016 年手足口病月发病率时间序列分析及预测模型[J]. *中华疾病控制杂志*, 2019, 23(11): 1394-1398.
Xiong YY, Ren JC, Duan GC. Application of the time series model in prediction of incidence of hand-foot-mouth disease from 2008 to 2016 in China [J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2019, 23(11): 1394-1398.(In Chinese)
- [10] 言晨绮,王瑞白,刘海灿,等. ARIMA 模型预测 2018-2019 年我国肺结核发病趋势的应用[J]. *中华流行病学杂志*, 2019, 40(6): 633-637.
Yan CQ, Wang RB, Liu HC, et al. Application of ARIMA model in predicting the incidence of tuberculosis in China from 2018 to 2019 [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2019, 40 (6): 633-637. (In Chinese)
- [11] Ma YF, Xu SJ, Dong A, et al. Epidemiological characteristics, spatial clusters and monthly incidence prediction of hand, foot and mouth disease from 2017 to 2022 in Shanxi Province, China [J]. *Epidemiology and Infection*, 2023, 151(3): e54.
- [12] Liu L, Luan RS, Yin F, et al. Predicting the incidence of hand, foot and mouth disease in Sichuan province, China using the ARIMA model[J]. *Epidemiology and Infection*, 2016, 144(1): 144-151.
- [13] Feng HF, Duan GC, Zhang RG, et al. Time series analysis of hand-foot-mouth disease hospitalization in Zhengzhou: establishment of forecasting models using climate variables as predictors[J]. *PLOS One*, 2014, 9(1): e87916.
- [14] 丁哲渊,吴昊澄,吴晨,等. 浙江省新型冠状病毒肺炎疫情应急响应期间其他法定传染病监测分析 [J]. *疾病监测*, 2020, 35(8): 746-752.
Ding ZY, Wu HC, Wu C, et al. Surveillance for notifiable communicable diseases in the context of emergency response to COVID-19 in Zhejiang [J]. *Disease Surveillance*, 2020, 35 (8): 746-752.(In Chinese)
- [15] Yang C, An SY, Qiao BJ, et al. Exploring the influence of COVID-19 on the spread of hand, foot, and mouth disease with an automatic machine learning prediction model [J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2023, 30(8): 20369-20385.
- [16] 李天全,李洪民,李玉娜,等. 应用 SARIMA 模型评估新型冠状病毒感染疫情对郑州市手足口病流行趋势的影响[J]. *现代疾病预防控制*, 2023, 34(7): 500-503, 542.
Li TQ, Li HM, Li YN, et al. Assessment of the impact of the COVID-19 epidemic on the prevalence of hand, foot, and mouth disease in Zhengzhou using SARIMA model [J]. *Modern Disease Control and Prevention*, 2023, 34(7): 500-503, 542.(In Chinese)
- [17] 张皓丹,归国平,郭锋,等. 基于干预分析模型的 COVID-19 疫情对手足口病的影响 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2023, 27(3): 339-344.

- Zhang HD, Gui GP, Guo F, et al. Study on the influence of COVID-19 epidemic to hand, foot and mouth disease based on intervention analysis model[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2023, 27(3): 339-344.(In Chinese)
- [18] Van de berg S, Charles T, Dörre A, et al. Epidemiology of common infectious diseases before and during the COVID-19 pandemic in Bavaria, Germany, 2016 to 2021: an analysis of routine surveillance data [J]. Euro Surveillance: Bulletin Europeen sur les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin, 2023, 28(41): 2300030.
- [19] Li Q, Guan XH, Wu P, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel Coronavirus-Infected pneumonia [J]. New England Journal of Medicine, 2020, 382(13): 1199-1207.
- [20] 朱翌民, 黄勃, 王忠震, 等. 隔离措施对 COVID-19 疫情控制的模型分析[J]. 武汉大学学报:理学版, 2020, 66(5):442-450.
Zhu YM, Huang B, Wang ZZ, et al. Analysis of the isolation measure on the control model of COVID-19 [J]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 2020, 66(5): 442-450.(In Chinese)
- [21] Qin ZG, Shi L, Xue YQ, et al. Prevalence and risk factors associated with self-reported psychological distress among children and adolescents during the COVID-19 pandemic in China [J]. JAMA Netw Open, 2021, 4(1): e2035487.
- [22] Liu X, Luo WT, Li Y, et al. Psychological status and behavior changes of the public during the COVID-19 epidemic in China[J]. Infectious Diseases of Poverty, 2020, 9(1): 58.
- [23] 孟浩蓉, 钟若曦, 黄琼, 等. 新型冠状病毒肺炎疫情期间公众口罩使用情况和基本防护意识分析[J]. 华南预防医学, 2021, 47(2):188-192.
Meng HR, Zhong RX, Huang Q, et al. Analysis on the use of face masks and basic protection awareness of the public during the COVID-19 epidemic [J]. South China Journal of Preventive Medicine, 2021, 47(2): 188-192.(In Chinese)
- [24] 王铭韩, 胡泽鑫, 冯录召, 等. 新型冠状病毒感染疫情后我国季节性流感的流行趋势与防控建议[J]. 中华医学杂志, 2024, 104(8):559-565.
Wang MH, Hu ZX, Feng LZ, et al. Epidemic trends and prevention and control of seasonal influenza in China after the COVID-19 pandemic [J]. National Medical Journal of China, 2024, 104(8): 559-565.(In Chinese)
- [25] Pan Q, Chen X, Yu Y, et al. The outbreak of seasonal influenza after the COVID-19 pandemic in China:Unraveling the"Immunity debt"[J]. Infect Dis Now, 2024, 54(1): 104834-104834.
- [26] Santoli JM, Lindley MC, DeSilva MB, et al. Effects of the COVID-19 pandemic on routine pediatric vaccine ordering and administration – United States, 2020 [J]. MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report, 2020, 69(19): 591-593.
- [27] Cohen R, Pettoello-Mantovani M, Somekh E, et al. European pediatric societies call for an implementation of regular vaccination programs to contrast the immunity debt associated to coronavirus disease-2019 pandemic in children [J]. Jornal de Pediatria, 2022, 242: 260-261.e3.
- [28] 冯倩, 张媛媛, 崔朋伟, 等. 新冠大流行后的免疫负债[J]. 江苏预防医学, 2023, 34(2):126-128, 222.
Feng Q, Zhang YY, Cui PW, et al. Immunity debt after COVID-19 pandemic [J]. Jiangsu Journal of Preventive Medicine, 2023, 34(2): 126-128, 222.(In Chinese)
- [29] 李艺璇, 王岳, 王伟炳, 等. 不同疫苗覆盖场景下上海市和浙江省手足口病发病负担预测的动力学模型[J]. 复旦学报:医学版, 2020, 47(4):513-520.
Li YX, Wang Y, Wang WB, et al. A dynamic model of hand,foot and mouth disease under different vaccine coverage conditions in Shanghai and Zhejiang Province [J]. Fudan University Journal of Medical Sciences, 2020, 47(4): 513-520.(In Chinese)

收稿日期:2024-08-18

(上接第 811 页)

[J]. 应用预防医学, 2021, 27(4):382-385.

Qin JM. Epidemic valence and countermeasures of public health emergencies at schools in China [J]. Applied Prev Med, 2021, 27(4): 382-385.(In Chinese)

- [22] 何继波, 念鹏英, 郑尔达, 等. 2018-2022 年云南省边境地区传染病类突发公共卫生事件流行特征分析[J]. 热带病与寄生虫学, 2024, 22(4):217-222.

He JB, Nian PY, Zheng ED, et al. Analysis on the epidemiological characteristics of public health emergencies of communicable diseases in the cross border area of Yunnan Province, 2018-2022[J]. Journal of Tropical Diseases and Parasitology, 2024, 22(4): 217-222. (In Chinese)

- [23] 张钟, 孙红敏, 卞增惠, 等. 2004-2021 年南京市突发公共卫生

事件流行特征分析[J]. 现代预防医学, 2023, 50(7):1176-1180, 1210.

Zhang Z, Sun HM, Bian ZH, et al. Analysis of the epidemiological characteristics of public health emergencies in Nanjing from 2004 to 2021 [J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50 (7): 1176-1180, 1210.(In Chinese)

- [24] 韩明奎, 郭雪艳, 乔宗雷, 等. 2006-2023 年潍坊市传染病突发公共卫生事件流行特征分析[J]. 预防医学论坛, 2024, 30(7): 513-517.

Han MK, Guo XY, Qiao ZL, et al. Analysis on epidemiological characteristics of public health emergencies of infectious diseases in Weifang city from 2006 to 2023 [J]. Preventive Medicine Tribune, 2024, 30(7): 513-517.(In Chinese)

收稿日期:2024-10-13