DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20263080

·论著·

2002—2022 年全国艾滋病发病率时空分布变化趋势及基于 ARIMA 模型预测分析

张俊超[1,2]，兰　毅[2]，王瀚炜[3]，雷春燕[2]，栾泽民[2]
（1. 福建医科大学孟超肝胆医院，福建 福州　350007；2. 南平市第一医院，福建 南平　353000；3. 福州市疾病预防控制中心，福建 福州　350200）

［摘　要］ **目的**　分析中国 31 个省（自治区、直辖市）艾滋病发病趋势及时空分布特征，并预测 2023—2030 年艾滋病发病率，为艾滋病防控工作提供理论依据。**方法**　基于 2002—2022 年中国 31 个省（自治区、直辖市）的艾滋病发病数据，采用 Joinpoint 软件分析时间分布特征，运用 ArcGIS 软件进行全局与局部空间自相关分析以识别疫情聚集特征，利用 SaTScan 10.2.5 软件开展时空扫描分析，明确艾滋病疫情的时空聚集性。通过 SPSS 软件构建 ARIMA 模型，预测 2023—2030 年艾滋病发病率。**结果**　2002—2019 年中国艾滋病发病率呈逐年上升趋势，2020—2022 年有所下降。2002—2006 年艾滋病发病率呈随机分布，2007—2022 年转为聚集分布，高发区域主要集中于云南省、广西壮族自治区、贵州省等西南地区。2013—2022 年，云南省、贵州省、四川省、广西壮族自治区和重庆市为艾滋病发病第一类聚集区。基于 2002—2022 年全国发病率数据构建的 ARIMA 模型预测显示，2023—2030 年发病率依次为 3.86/10 万、4.02/10 万、4.19/10 万、4.35/10 万、4.52/10 万、4.68/10 万、4.85/10 万、5.01/10 万。第一类聚集区中云南省、贵州省、广西壮族自治区和重庆市发病率均呈逐年上升趋势；四川省呈现波动性上升，至 2030 年四川省艾滋病发病率预计达 27.89/10 万。**结论**　中国艾滋病发病率总体呈上升态势，发病模式由散发转为聚集，西南地区存在高发聚集区，且可能逐年向外扩展。ARIMA 模型对艾滋病流行趋势预测具有一定参考价值。建议未来防控工作应重点加强聚集区及周边省份的医疗资源投入，并强化高危人群干预措施。

［关　键　词］ 艾滋病；发病率；时空分布；ARIMA 模型；预测分析
［中图分类号］ R181.3+2

Changing trend of temporal and spatial distribution of AIDS incidence rates in China from 2002 to 2022 and prediction analysis based on ARIMA model

ZHANG Junchao[1,2], *LAN Yi*[2], *WANG Hanwei*[3], *LEI Chunyan*[2], *LUAN Zemin*[2]
(1. *Mengchao Hepatobiliary Hospital of Fujian Medical University*, *Fuzhou* 350007, *China*; 2. *The First Hospital of Nanping City*, *Nanping* 353000, *China*; 3. *Fuzhou Center for Disease Control and Prevention*, *Fuzhou* 350200, *China*)

[**Abstract**] **Objective**　To analyze the incidence trend and temporal and spatial distribution characteristics of acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) in 31 provinces (autonomous regions, municipalities) in China, and to predict the incidence rates of AIDS from 2023 to 2030, thereby providing a theoretical basis for AIDS prevention and control. **Methods**　Based on the data of AIDS incidence rates of 31 provinces (autonomous regions, municipalities) in China from 2002 to 2022, the temporal distribution characteristics were analyzed by Joinpoint software.

［收稿日期］ 2025－10－13
［基金项目］ 福建省卫生健康科技青年科研基金项目（2024QNA095）；南平市医疗卫生领域科技创新联合资金项目（N2024LH007）；福建医科大学启航基金项目（2023QH1260）
［作者简介］ 张俊超（1996－），男（汉族），福建省南平市人，医师，主要从事传染病流行病学研究。
［通信作者］ 雷春燕　E-mail:393924978@qq.com；栾泽民　E-mail:2396017728@qq.com

Global and local spatial autocorrelation analysis was conducted with ArcGIS software to identify the characteristics of epidemic clustering, temporal and spatial scanning analysis was conducted with SaTScan 10.2.5 software to clarify the temporal and spatial distribution clustering of AIDS epidemic. The ARIMA model was constructed through SPSS software to predict the incidence rates of AIDS from 2023 to 2030. **Results** The incidence rates of AIDS in China presented an increasing trend year by year from 2002 to 2019, but decreased from 2020 to 2022. The incidence rates of AIDS randomly distributed from 2002 to 2006, but were clustered from 2007 to 2022. The high-incidence areas were mainly concentrated in southwest China, such as Yunnan Province, Guangxi Zhuang Autonomous Region, and Guizhou Province. From 2013 to 2022, Yunnan Province, Guizhou Province, Sichuan Province, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chongqing City were the first clustering areas of AIDS. The ARIMA model prediction based on the national incidence data from 2002 to 2022 showed that the incidence rates from 2023 to 2030 would be 3.86/100 000, 4.02/100 000, 4.19/100 000, 4.35/100 000, 4.52/100 000, 4.68/100 000, 4.85/100 000, and 5.01/10 000, respectively. In the first-class clustering area, the incidence rates in Yunnan Province, Guizhou Province, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chongqing City increased year by year, Sichuan Province showed a fluctuating upward trend, the incidence of AIDS in Sichuan Province was expected to reach 27.89/100 000 by 2030. **Conclusion** The incidence rates of AIDS in China generally present an increasing trend year by year, and the incidence pattern has changed from sporadic to cluster distribution, southwest China presents high cluster distribution area, which may expand outward year by year. ARIMA model has certain reference value for the prediction of AIDS epidemic trend. It is suggested that future prevention and control work should focus on strengthening medical resource investment in clustering areas and surrounding provinces, and enhancing intervention measures for high-risk populations.

[**Key words**] acquired immunodeficiency syndrome; incidence; temporal and spatial distribution; ARIMA model; prediction analysis

艾滋病，即获得性免疫缺陷综合征（acquired immunodeficiency syndrome，AIDS），是由人类免疫缺陷病毒（human immunodeficiency virus，HIV）感染引起的传染性疾病[1]。因其传染特性，艾滋病已在全球范围内迅速传播。自 1985 年中国报告首例艾滋病病例以来，全国各省份相继出现病例报告[2]。艾滋病疫情呈现显著的空间与地域聚集特征。国内多数研究侧重于省级层面的整体流行趋势分析[3-4]，系统阐明我国艾滋病的长期流行趋势及其在全国范围内的时空分布特征，可为艾滋病防控工作提供坚实的流行病学依据。研究[5-6]显示，自回归积分滑动平均模型（autoregressive integrated moving average model，ARIMA）具有定量预测结果较为精确的特点，常被应用于传染病的短期预测。李尚武等[7]运用 ARIMA 模型对长沙市献血人群乙型病毒性肝炎表面抗原阳性率进行预测。本研究基于 2002—2022 年我国 31 个省（自治区、直辖市）的艾滋病报告数据，采用空间流行病学与时空扫描分析方法，揭示我国艾滋病的时空分布格局，并利用 ARIMA 模型预测 2023—2030 年全国艾滋病发病率，以期为我国艾滋病防控策略的制定提供理论依据。

1 材料与方法

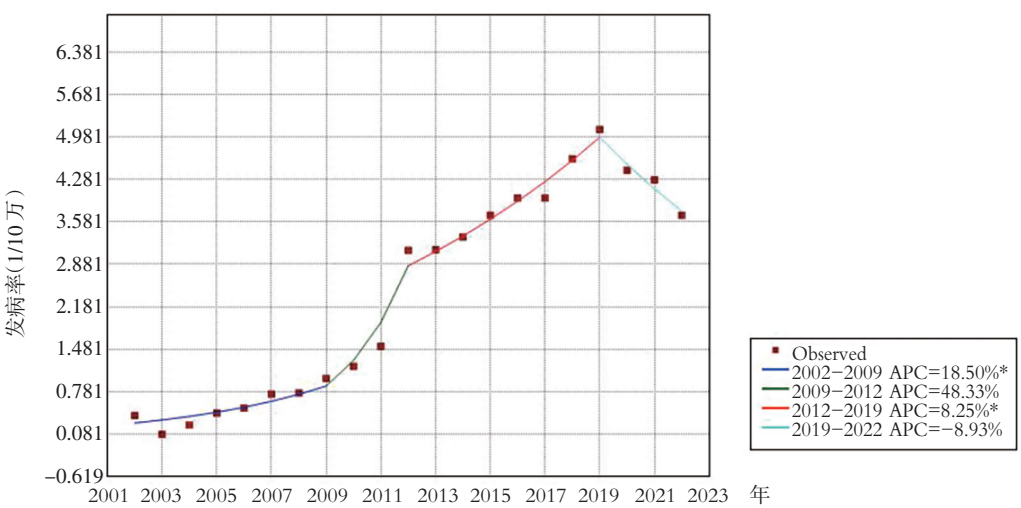
1.1 *数据来源* 2002—2022 年中国 31 个省、自治区、直辖市的艾滋病相关数据来源于《中国卫生统计年鉴》与《中国卫生与健康统计年鉴》，数据范围未包含香港特别行政区、澳门特别行政区及台湾省。中国矢量化省界电子地图数据源自国家地理信息公共服务平台（网址：https://www.tianditu.gov.cn/）。

1.2 *研究方法* （1）利用 Joinpoint 软件计算发病率年度变化百分比（annual percent change，APC）、平均年度变化百分比（average annual percent change，AAPC）及其 95%置信区间（95%*CI*），用以反映发病率的阶段性变化速度和全局平均变化速度，当 APC＞0 时，表示发病率呈上升趋势，反之呈下降趋势。（2）运用 Arc GIS 软件计算全局莫兰指数（Moran's *I*）、*Z* 值、*P* 值以表示其整体的流行情况，其中 Moran's *I* 范围为［－1，1］，越接近 1 表示高度聚集，越接近－1 表示分散，接近 0 表示随机分布。局部空间自相关指标采用空间关联的局部指标（local indications of spatial association，LISA）用地图表示，分为“高－高”聚集区、“低－低”聚集区、

“高－低”聚集区、“低－高”聚集区。(3)时空扫描分析：使用 SaTScan10.2.5 软件基于离散 Poisson 分布模型，以年为时间单位，设定最大空间扫描窗口为总人口的 50%，最大时间扫描范围为研究时间的 50%，以识别和评估艾滋病的时空聚集区域。各时段以对数似然比(log likelihood ratio，*LLR*)划分聚集地，$P \leqslant 0.05$ 时相对危险度(relative risk，*RR*)有意义。*LLR* 最大为一级聚类，其余有统计意义聚类均编为二级聚类。(4)模型预测分析：应用 SPSS 软件，构建 2023—2030 年全国及第一类聚集地区艾滋病发病率的 ARIMA 模型。ARIMA 模型全称为自回归积分移动平均模型(autoregressive integrated moving average model)，该模型由自回归模型(AR)、移动平均模型(MA)及自回归移动平均模型(ARMA)三部分组合而成。通过残差自相关函数(ACF)与残差偏自相关函数(PACF)筛选适宜的预测模型。残差 ACF 用于衡量时间序列中当前观测值与滞后 k 期观测值之间的线性相关程度；残差 PACF 则在剔除中间滞后项干扰后，评估当前观测值与滞后 k 期观测值的直接线性相关程度。若残差 ACF 呈拖尾而残差 PACF 呈截尾，则适用 AR(q)模型；若残差 ACF 呈截尾而残差 PACF 呈拖尾，则适用 MA(p)模型；若残差 ACF 与残差 PACF 均呈拖尾，则适用 ARIMA(p，d，q)模型，其中 p、d、q 分别代表自回归阶数、差分阶数与移动平均阶数。依据信息准则赤池信息准则(AIC)与贝叶斯信息准则(BIC)值对多次分析的模型进行比较，并选取数值较低的模型。

2　结果

2.1　艾滋病发病时间流行特征　2002—2022 年全国艾滋病疫情流行情况总体呈上升趋势(AAPC = 14.14%，95%*CI*：5.98%～22.93%，$P<0.001$)。在此期间，疫情变化可分为四个阶段：2002—2009 年发病率逐年上升(APC = 18.50%，95%*CI*：5.93%～32.56%，$P<0.01$)；2009—2012 年无明显变化趋势(APC = 48.33%，95%*CI*：－7.04%～136.69%，$P=0.09$)；2012—2019 年发病率逐年上升(APC = 8.25%，95%*CI*：3.31%～13.42%，$P<0.01$)；2019—2022 年无明显变化趋势(APC = －8.93%，95%*CI*：－20.16%～3.98%，$P=0.14$)。见图 1。



* 表示年度百分比变化(APC)在 $\alpha=0.05$ 的水平下，存在统计学意义。最终选定模型：3 个节点。3)赤池信息准则(Akaike Information Criterion，AIC)，贝叶斯信息准则(Bayesian Information Criterion，BIC)

图 1　2002—2022 年全国艾滋病的流行趋势

Figure 1　Epidemic trend of AIDS in China from 2002 to 2022

2002—2022 年，全国 31 个省、自治区、直辖市中艾滋病发病率上升趋势排名前 5 位地区分别为：四川省(AAPC = 38.55%，95% *CI*：28.28%～49.64%，$P<0.001$)、广西壮族自治区(AAPC = 30.58%，95%*CI*：7.72%～58.30%，$P=0.007$)、江苏省(AAPC = 29.58%，95% *CI*：25.38%～33.93%，$P<0.001$)、辽宁省(AAPC = 27.72%，95%*CI*：19.83%～36.13%，$P<0.001$)，以及浙江省(AAPC = 27.72%，95%*CI*：20.95%～34.87%，$P<0.001$)。见表 1。

表 1 2002—2022 年 31 个省(自治区、直辖市)艾滋病发病率 AAPC Joinpoint 回归分析结果(%)

Table 1 Joinpoint regression analysis results of AAPC of AIDS incidence rates in 31 provinces (autonomous regions, municipalities) from 2002 to 2022 (%)

地区	AAPC(95%*CI*)	*P*	地区	AAPC(95%*CI*)	*P*
四川省	38.55(28.28～49.64)	<0.001	湖南省	18.53(14.77～22.42)	<0.001
广西壮族自治区	30.58(7.72～58.30)	0.007	甘肃省	18.53(13.55～23.74)	<0.001
江苏省	29.58(25.38～33.93)	<0.001	安徽省	17.87(10.46～25.81)	<0.001
辽宁省	27.72(19.83～36.13)	<0.001	云南省	17.52(13.52～21.66)	<0.001
浙江省	27.72(20.95～34.87)	<0.001	广东省	15.54(12.25～18.92)	<0.001
黑龙江省	27.29(23.12～31.60)	<0.001	福建省	15.02(12.05～18.06)	<0.001
重庆市	27.16(24.06～30.33)	<0.001	河北省	12.28(6.97～17.85)	<0.001
山东省	26.05(21.75～30.51)	<0.001	上海市	11.97(7.65～16.46)	<0.001
青海省	24.76(19.47～30.28)	<0.001	湖北省	10.24(4.94～15.81)	<0.001
贵州省	23.85(18.17～29.81)	<0.001	宁夏回族自治区	7.26(1.17～13.71)	0.019
内蒙古自治区	23.37(7.38～41.74)	0.003	海南省	4.46(－2.98～12.47)	0.247
新疆维吾尔自治区	23.13(14.16～32.81)	<0.001	西藏自治区	－1.40(－12.20～10.73	0.812
吉林省	22.85(17.20～28.77)	<0.001	天津市	－2.02(－9.11～5.63)	0.595
江西省	22.33(18.56～26.23)	<0.001	北京市	－5.67(－14.2～73.79)	0.232
河南省	22.27(－2.15～52.77)	0.077			

2.2 艾滋病发病率空间分布特征 2007—2022 年中国 31 个省(自治区、直辖市)艾滋病发病率的全局空间自相关分析显示,Moran's *I* 指数介于 0.18～0.47 之间,均 $Z>1.96$ 且 $P<0.05$,表明存在显著的正向空间自相关。2002—2006 年的全局空间自相关分析结果未呈现明显的统计学意义。见表 2。基于全局分析中识别出艾滋病发病率存在空间聚集性的年份,进一步开展局部空间自相关分析。结果显示,2007—2008 年高－高聚集区域包括广西壮族自治区、广东省和云南省;低－低聚集区域涵盖内蒙古自治区、吉林省、宁夏回族自治区和辽宁省。2009—2022 年,高－高聚集区呈现向周边扩散的趋势:2009 年云南省转为高－高聚集区,2013 年湖南省转成高－高聚集地区,2018 年四川省和重庆市亦转为高－高聚集区。见图 2。

表 2 2002—2022 年艾滋病发病率全局空间自相关分析

Table 2 Global spatial autocorrelation analysis of AIDS incidence rates from 2002 to 2022

年份	Moran's *I*	*Z*	*P*	年份	Moran's *I*	*Z*	*P*
2002 年	0.01	0.42	0.680	2013 年	0.29	2.90	0.004
2003 年	0.05	0.76	0.450	2014 年	0.32	3.16	0.002
2004 年	0.01	0.38	0.700	2015 年	0.36	3.36	<0.001
2005 年	0.06	0.97	0.330	2016 年	0.41	3.74	<0.001
2006 年	0.10	1.22	0.220	2017 年	0.36	3.36	<0.001
2007 年	0.18	2.21	0.027	2018 年	0.38	3.57	<0.001
2008 年	0.27	3.08	0.002	2019 年	0.39	3.70	<0.001
2009 年	0.25	3.08	0.002	2020 年	0.47	4.33	<0.001
2010 年	0.21	2.65	0.008	2021 年	0.44	4.04	<0.001
2011 年	0.21	2.68	0.007	2022 年	0.43	4.00	<0.001
2012 年	0.24	2.54	0.011				

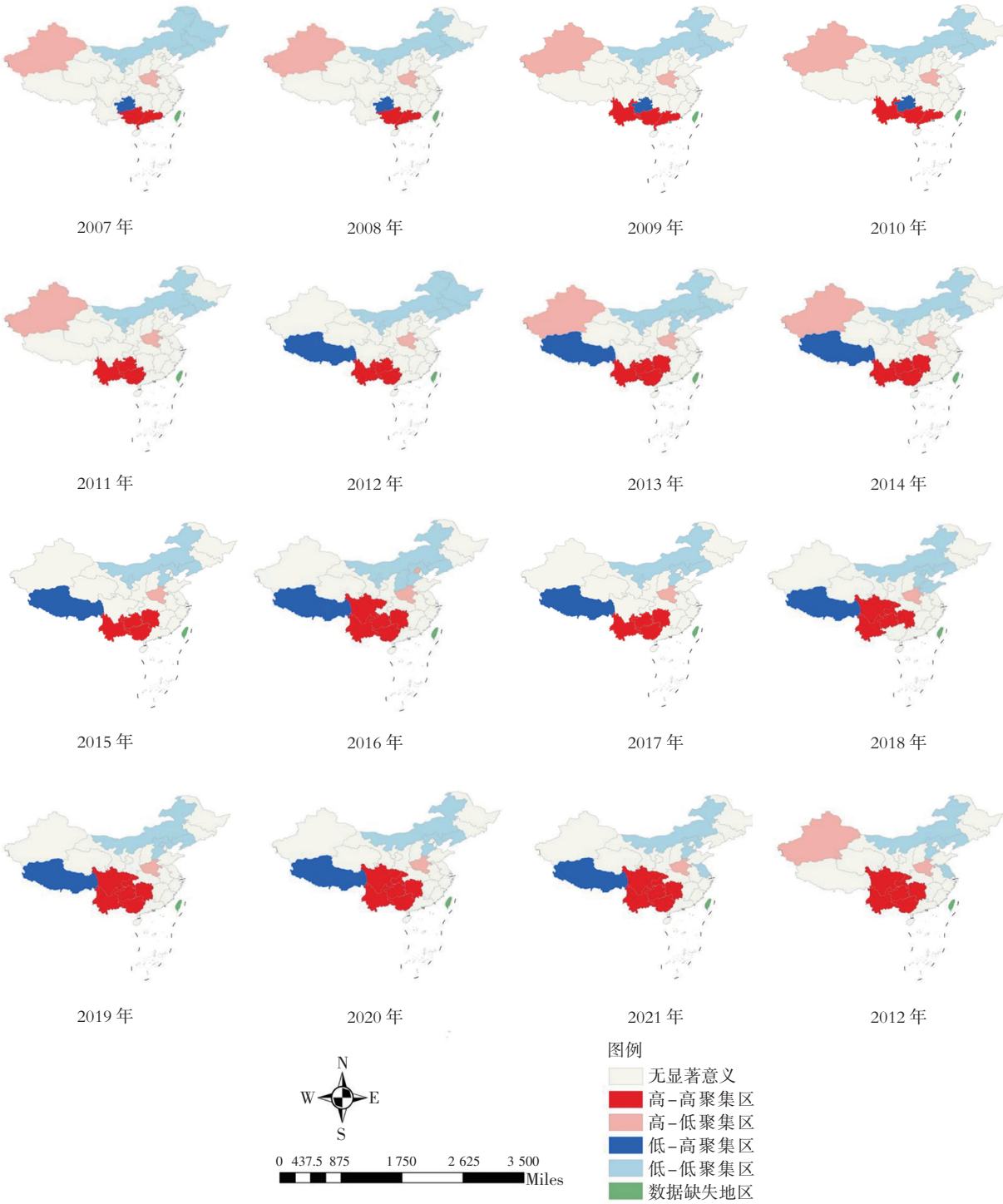


图 2　2007—2022 年艾滋病发病率局部自相关分析

Figure 2　Local autocorrelation analysis of AIDS incidence rates from 2007 to 2022

2.3　艾滋病发病率时空分布特征　2002—2022 年艾滋病发病率时空扫描分析共识别出 10 个聚集区域：一级聚集区包括云南省、贵州省、四川省、广西壮族自治区及重庆市，时间跨度为 2013—2022 年，聚集半径为 845.43 km；二级聚集区包括浙江省，时间跨度为 2013—2022 年，聚集半径为 0 km；广西壮族自治区，时间跨度为 2007—2011 年，聚集半径为 0 km；浙江省，时间跨度为 2002—2011 年，聚集半径为 0 km；河南省，时间跨度为 2012—2021 年，聚集半径为 0 km；北京市，时间跨度为 2014—2019 年，聚集半径为 0 km；四川省、重庆市、贵州省、云南省，时间范围为 2011 年，聚集半径为 639.27 km；云

南省时间跨度为 2007—2008 年，聚集半径为 0 km；新疆维吾尔自治区时间范围为 2011 年，聚集半径为 0 km；辽宁省时间跨度为 2018—2019 年，聚集半径为 0 km。见表 3、图 3。

表 3　2002—2022 年艾滋病发病率时空聚集情况

Table 3　Temporal and spatial clustering of AIDS incidence rates from 2002 to 2022

聚集类型	聚集区域	聚集半径(km)	聚集年份	*LLR*	*RR*	*P*
第一聚类区	云南省、贵州省、四川省、广西壮族自治区、重庆市	845.43	2013—2022 年	264 964.44	7.27	<0.001
第二聚类区	浙江省	0	2013—2022 年	12 702.81	4.66	<0.001
	广西壮族自治区	0	2007—2011 年	7 156.11	2.94	<0.001
	浙江省	0	2002—2011 年	1 196.16	4.28	<0.001
	河南省	0	2012—2021 年	703.03	1.26	<0.001
	北京市	0	2014—2019 年	233.10	1.40	<0.001
	四川省、重庆市、贵州省、云南省	639.27	2011 年	157.37	1.27	<0.001
	云南省	0	2007—2008 年	153.24	1.39	<0.001
	新疆维吾尔自治区	0	2011 年	16.77	1.25	<0.001
	辽宁省	0	2018—2019 年	11.70	1.10	0.016



图 3　2002—2022 年艾滋病发病率时空聚集情况

Figure 3　Temporal and spatial clustering of AIDS incidence rates from 2002 to 2022

2.4　艾滋病发病率预测模型　通过绘制 ACF 和 PACF 图，发现全国艾滋病发病率残差序列呈现拖尾特征，故选用ARIMA模型进行建模。数据经一阶差分处理后序列趋于平稳，因此差分阶数 d 取 1。为规避主观偏差，依据 AIC 与 BIC 最小化原则（AIC = 29.03，BIC = 31.02），确定全国艾滋病发病率的最优预测模型为 ARIMA(0,1,0)。Ljung-Box 检验显示模型拟合效果良好（χ^2 = 13.08，P = 0.79），残差为白噪声，拟合优度 R^2 = 0.93，表明模型具有较好的解释力。基于 ARIMA 模型对 2002—2022 年全国艾滋病发病率进行拟合，并预测 2023—2030 年发病率依次为 3.86/10 万、4.02/10 万、4.19/10 万、4.35/10 万、4.52/10 万、4.68/10 万、4.85/10 万、5.01/10 万。针对时空扫描分析识别的一级聚集区域（云南省、贵州省、四川省、广西壮族自治区、重庆市），分别建立 ARIMA 预测模型。根据 AIC 与 BIC 最小化准则，云南省、贵州省、广西壮族自治区和重庆市的最佳模型为 ARIMA(0,1,0)，四川省为 ARIMA(2,1,0)。上述五省（区、市）模型的 R^2 分别为 0.83、0.53、0.94、0.82、0.97，常数项分别为 0.54、1.79、−0.73、0.52、0.59。2023—2030 年预测结果显示云南省、贵州省、广西壮族自治区和重庆市发病率均呈逐年上升趋势；四川省呈现波动性上升，至 2030 年四川省艾滋病发病率预计达 27.89/10 万。见图 4～5、表 4。

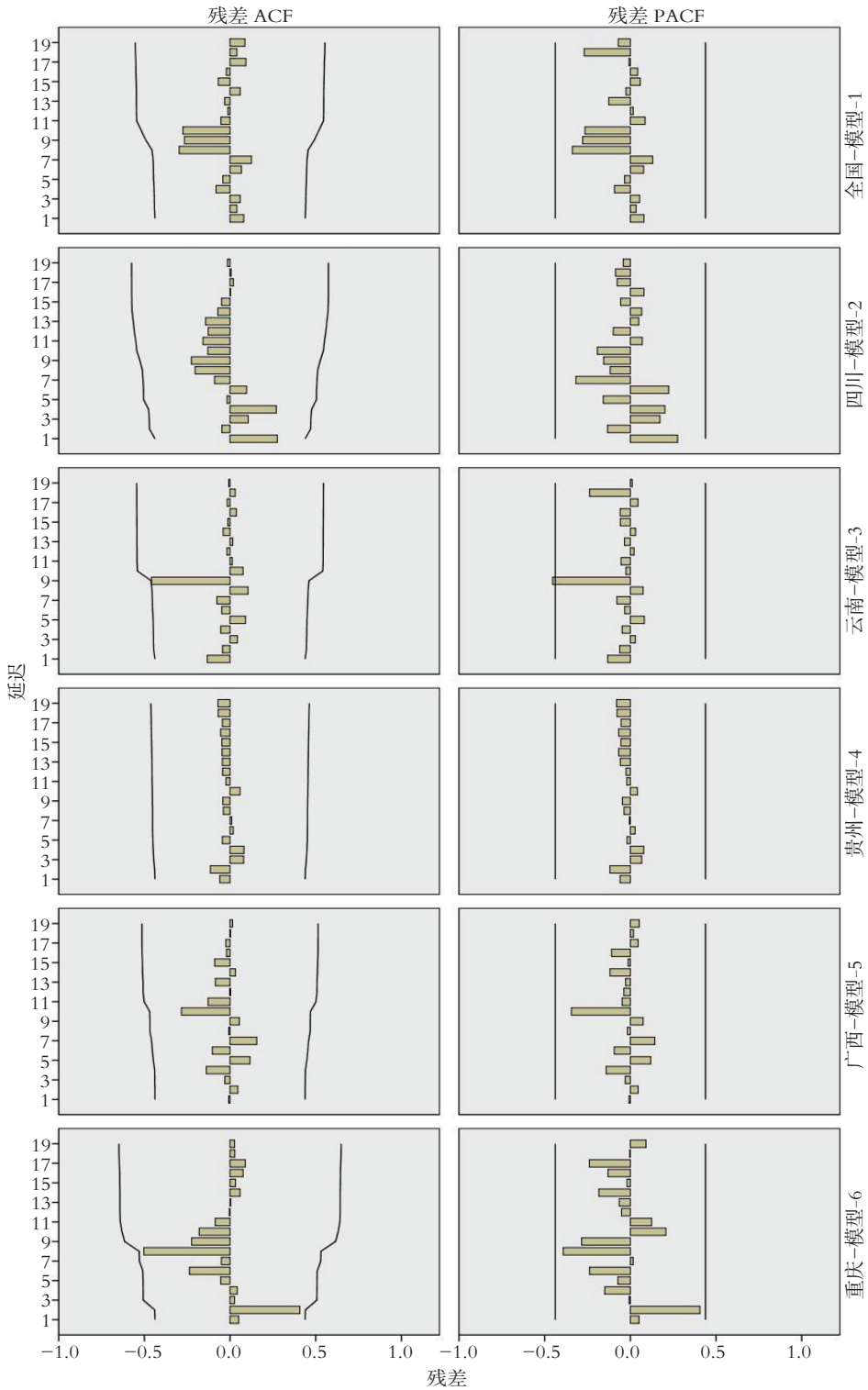


图 4　各地区残差自相关函数和残差偏自相关函数结果

Figure 4　Results of residual autocorrelation function and residual partial autocorrelation function in various areas

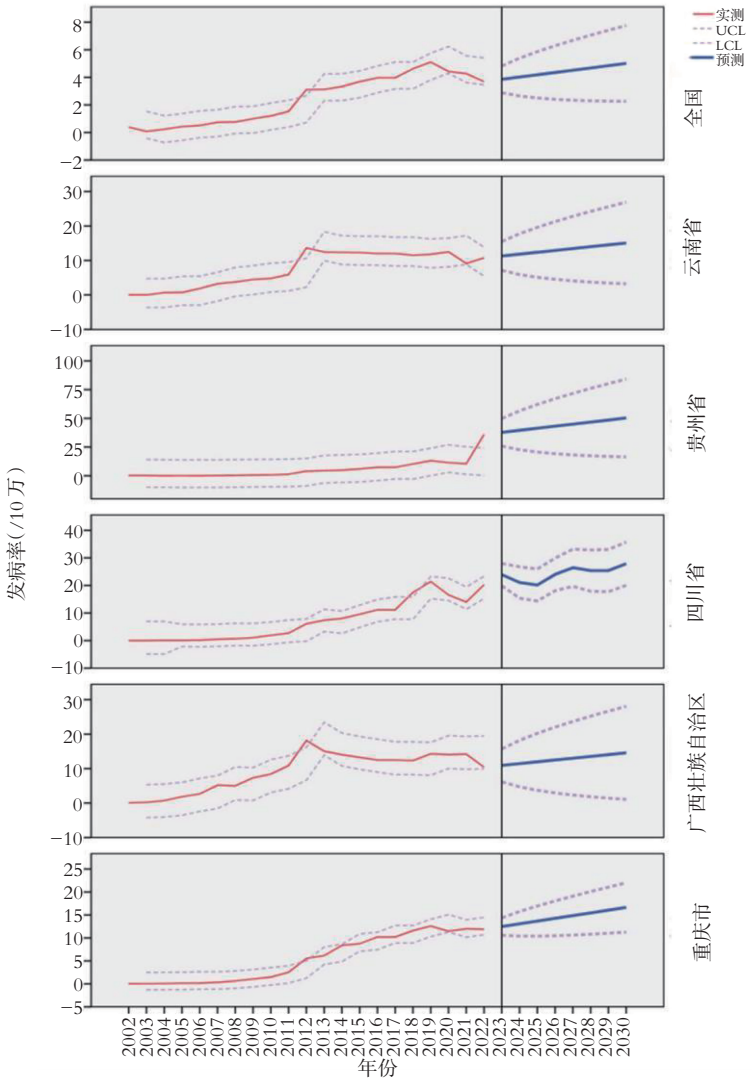


图 5　ARIMA 模型对 2023—2030 年全国和第一类聚集地区居民艾滋病发病率预测结果(/10 万)

Figure 5　Prediction results of ARIMA model on AIDS incidence rates of residents in the national and first-class clustering areas from 2023 to 2030 (/100 000)

表 4　ARIMA 模型对 2023—2030 年全国和第一类聚集地区居民艾滋病发病率预测结果(/10 万)

Table 4　Prediction results of ARIMA model on AIDS incidence rates of residents in the national and first-class clustering areas from 2023 to 2030 (/100 000)

年份	全国发病率(95%*CI*)	云南省发病率(95%*CI*)	贵州省发病率(95%*CI*)	四川省发病率(95%*CI*)	广西壮族自治区发病率(95%*CI*)	重庆市发病率(95%*CI*)
2023 年	3.86(2.88～4.83)	11.30(7.12～15.49)	37.83(25.86～49.80)	23.91(19.86～27.95)	10.93(6.16～15.71)	12.49(10.59～14.38)
2024 年	4.02(2.64～5.39)	11.84(5.92～17.76)	39.62(22.69～56.55)	21.06(15.35～26.77)	11.45(4.71～18.20)	13.08(10.40～15.78)
2025 年	4.19(2.50～5.87)	12.38(5.13～19.23)	41.40(20.67～62.14)	20.16(14.35～25.97)	11.97(3.71～20.24)	13.67(10.39～16.95)
2026 年	4.35(2.41～6.29)	12.92(4.55～21.29)	43.19(19.25～67.13)	24.00(18.09～29.91)	12.49(2.95～22.03)	14.27(10.48～18.05)
2027 年	4.52(2.34～6.69)	13.46(4.10～22.82)	44.98(18.21～71.75)	26.42(19.68～33.16)	13.01(2.34～23.68)	14.86(10.63～19.09)
2028 年	4.68(2.30～7.06)	13.99(3.74～24.25)	46.76(17.44～76.09)	25.38(17.90～32.86)	13.53(1.84～25.21)	15.45(10.81～20.09)
2029 年	4.85(2.27～7.42)	14.53(3.46～25.61)	48.55(16.88～80.23)	25.37(17.71～33.03)	14.05(1.42～26.67)	16.05(11.04～21.06)
2030 年	5.01(2.26～7.76)	15.07(3.23～26.91)	50.43(16.48～84.20)	27.89(20.05～35.74)	14.57(1.07～28.06)	16.64(11.28～22.00)
常数项	0.17	0.54	1.79	−0.73	0.52	0.59
AIC	29.03	87.45	129.49	89.83	92.69	55.73
BIC	31.02	89.45	131.48	93.82	94.68	57.72
R^2	0.93	0.83	0.53	0.94	0.82	0.97

3　讨论

本研究显示，我国艾滋病发病率总体呈逐年上升趋势，但在 2020—2022 年较前期有所下降，与韩孟杰[8]关于我国艾滋病流行趋势的研究结论相似。尽管发病率呈上升态势，但总体增长已趋于平稳。发病率逐年上升的原因：一方面，可能是传播途径由以血液传播为主转变为以性接触传播为主[9-11]；另一方面，艾滋病检测咨询的普及与医疗水平的提升也有助于实现患者的早期诊断[12-14]。2020—2022 年发病率较前下降，可能与新型冠状病毒感染（COVID-19）大流行期间诊断检测可及性降低、各地封锁及出行限制有关，导致个人获得常规性健康服务与检测的机会减少[15-16]。

本研究显示，2002—2006 年我国艾滋病发病率呈随机分布特征，而 2007—2022 年则转为聚集分布模式。高发病率聚集区域主要集中于云南、广西壮族自治区、贵州等西南省份，与既往研究[17-18]结论一致。时空扫描分析进一步表明，2013—2022 年间，云南、贵州、四川、广西壮族自治区及重庆构成第一类聚集区。云南省发病率呈现聚集态势的原因主要包括：其一，云南毗邻东南亚地区，边境贸易活跃，外籍人员流动频繁，现有研究显示外籍人员 HIV 感染发病率呈上升趋势，可能推高本地发病率[19-20]；其二，受境外毒品经云南边境流入影响，毒品犯罪活动猖獗，导致该省艾滋病高发聚集现象显著[21-23]。贵州、广西等地的高发病率聚集，则可能与经济发展相对滞后、公共卫生知识普及不足、安全套使用率低及使用不规范等因素相关[24-27]。

本研究采用 ARIMA 模型对艾滋病发病率进行预测分析。结果显示，2023—2030 年，全国及第一类聚类区域的艾滋病发病率呈逐年上升趋势。预计至 2030 年，全国艾滋病发病率可能达到 5.01/10 万，虽仍处于低流行水平，但高风险地区如四川省的发病率可能升至 27.89/10 万。既往研究应用 ARIMA 模型预测艾滋病发病率已展现出良好的预测效能，如陈雪梅[28]基于该模型对云南省 HIV 感染/AIDS 发病率的预测结果与实际数据较为吻合；郭秀玉[29]在我国艾滋病月发病率预测分析中也取得了较好的拟合效果。上述预测结果对国务院办公厅关于印发《中国遏制与防治艾滋病规划（2024—2030 年）》中提出的三个“95%”防控目标的实现构成双重挑战：一方面，全国艾滋病发病率的增长趋势与“全人群感染率控制在 0.2%以下”的规划目标形成反差；另一方面，四川省等高发地区的疫情态势，可能成为制约“易感染人群干预覆盖比例达到 95%”目标实现的关键瓶颈。这表明公共卫生资源配置需突破“平均主义”思维，建立以发病率预测为导向的动态投入机制，针对高发地区实施“一地一策”的差异化防控策略，以有效降低高发区域艾滋病发病率。基于预测结果，建议采取以下措施：一是将艾滋病防治宣传教育纳入公民健康素养培育体系，覆盖青少年、中老年人等非传统高危人群。已有研究[30]显示，我国艾滋病传播已从既往以吸毒、性工作者等特定高危人群为主，逐步向全人群扩散，表现为中老年群体感染比例显著上升，青年学生和男男性行为人群感染持续增加。二是提升综合干预能力。多项临床试验数据表明，采用抗逆转录病毒药物开展暴露前预防（PrEP）可有效降低 HIV 传播风险[31-32]。建议在四川等高发地区加强 PrEP 相关知识普及，同时推进安全套规范使用宣传，并提高高危行为后 72 h 内阻断药物的可及性。本研究预测结果显示，我国艾滋病发病率未来仍呈上升趋势。发病率持续攀升的原因可能包括：第一，随着改革开放及区域经济快速发展，城镇化进程加快和人口流动性增大促进了艾滋病的传播[33-34]；第二，公众对艾滋病防护知识知晓率偏低，安全套使用不规范等问题依然存在[35-36]；第三，社会性观念变化伴随不安全性行为（如商业性行为、男男性行为）的增加[34-36]。

本研究的局限性在于采用报告数据进行分析，未能直接反映疫情实际情况。但本研究发现，我国艾滋病发病率总体呈现逐年上升趋势，分布模式由既往的散发状态转为聚集性分布。西南地区存在艾滋病发病高值聚集区，且该聚集区存在逐年向外扩张的趋势。未来艾滋病防治工作应重点关注疫情聚集区及周边省份的医疗资源投入，同时加强对高危人群的干预措施。此外，艾滋病属于行为相关疾病，其流行与人群行为习惯及社会环境密切相关。为提升预测准确性，后续研究可纳入行为模式及社会环境等因素进行综合分析。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Scutchfield FD, Benenson AS. AIDS update[J]. Postgrad Med, 1989, 85(4): 289-304.

[2] 揣征然，张云辉，赵雅琳，等. 全球及中国 AIDS 最新疫情概况[J]. 传染病信息，2020，33(6)：501－503.
Chuai ZR，Zhang YH，Zhao YL，et al. Latest AIDS epidemic in global and China[J]. Infectious Disease Information，2020，33(6)：501－503.

[3] 屠爱霞. 甘肃省 HIV/AIDS 变化趋势与时空聚集性及预测研究[D]. 兰州：兰州大学，2017.
Tu AX. Study on epidemic trend，spatial-time clustering and prediction of HIV/AIDS in Gansu Province[D]. Lanzhou：Lanzhou University，2017.

[4] 兰雪源. 山西省 2013—2022 年新报告 HIV/AIDS 流行特征分析及传播途径核实调查[D]. 太原：山西医科大学，2024.
Lan XY. Analysis of epidemic characteristics and verification investigation of transmission routes of newly reported HIV/AIDS in Shanxi Province from 2013 to 2022[D]. Taiyuan：Shanxi Medical University，2024.

[5] 黎燕玲，马小军，熊凡锐，等. ARIMA 模型对青海省学生流行性感冒报告发病数的预测研究[J]. 黑龙江科学，2025，16(13)：44－46.
Li YL，Ma XJ，Xiong FR，et al. Prediction study of the number of reported cases of influenza among students in Qinghai province by ARIMA model[J]. Heilongjiang Science，2025，16(13)：44－46.

[6] 田歌，杭惠，王军荣，等. 2013—2023 年苏州市乙型肝炎流行特征及发病预测[J]. 江苏预防医学，2025，36(2)：243－245.
Tian G，Hang H，Wang JR，et al. Epidemiological characteristics and incidence prediction of hepatitis B in Suzhou from 2013 to 2023[J]. Jiangsu Journal of Preventive Medicine，2025，36(2)：243－245.

[7] 李尚武，袁媛，陈静，等. 2020—2023 年长沙献血者乙型肝炎表面抗原阳性率分析和模型预测[J]. 华南预防医学，2025，51(7)：741－747.
Li SW，Yuan Y，Chen J，et al. Analysis and model prediction of hepatitis B surface antigen positivity rate among blood donors in Changsha，2020－2023[J]. South China Journal of Preventive Medicine，2025，51(7)：741－747.

[8] 韩孟杰. 我国艾滋病流行形势分析和防治展望[J]. 中国艾滋病性病，2023，29(3)：247－250.
Han MJ. Analysis of the epidemiological situation and prospects for prevention and control of HIV/AIDS in China[J]. Chinese Journal of AIDS & STD，2023，29(3)：247－250.

[9] 吴尊友. 我国艾滋病经性传播新特征与防治面临的挑战[J]. 中华流行病学杂志，2018，39(6)：707－709.
Wu ZY. Characteristics of HIV sexually transmission and challenges for controlling the epidemic in China[J]. Chinese Journal of Epidemiology，2018，39(6)：707－709.

[10] Huang MB，Ye L，Liang BY，et al. Characterizing the HIV/AIDS epidemic in the United States and China[J]. Int J Environ Res Public Health，2015，13(1)：ijerph13010030.

[11] Wu ZY，Chen JF，Scott SR，et al. History of the HIV epidemic in China[J]. Curr HIV/AIDS Rep，2019，16(6)：458－466.

[12] 中国性病艾滋病防治协会. 中国艾滋病防治政策与策略发展历程回溯[J]. 中国艾滋病性病，2019，25(7)：657－661.
Chinese Association of STD & AIDS Prevention and Control. Retrospective review of the development of HIV/AIDS prevention and control policies and strategies in China[J]. Chinese Journal of AIDS & STD，2019，25(7)：657－661.

[13] 杜国平，陈笑艳，吕玉梅，等. 江苏籍大一新生 2019—2022 年艾滋病知识、行为变化趋势及影响因素分析[J]. 保健医学研究与实践，2025，22(1)：20－27.
Du GP，Chen XY，Lv YM，et al. Trend and influencing factors of HIV/AIDS knowledge and behavior among freshmen of Jiangsu origin from 2019 to 2022[J]. Health Medicine Research and Practice，2025，22(1)：20－27.

[14] 肖民扬，戴洁，施玉华，等. 云南省提高艾滋病诊断发现率的实践与做法[J]. 中国艾滋病性病，2022，28(7)：850－851.
Xiao MY，Dai J，Shi YH，et al. Practice and approaches to improving HIV/AIDS diagnosis and detection rates in Yunnan Province[J]. Chinese Journal of AIDS & STD，2022，28(7)：850－851.

[15] Ryu S，Gao HZ，Wong JY，et al. Nonpharmaceutical measures for pandemic influenza in nonhealthcare settings-international travel-related measures[J]. Emerg Infect Dis，2020，26(5)：961－966.

[16] Bai BK，Jiang QY，Hou J. The COVID-19 epidemic and other notifiable infectious diseases in China[J]. Microbes Infect，2022，24(1)：104881.

[17] 郭芮绮，胡依，闵淑慧，等. 2009—2020 年全国艾滋病疫情的空间分布及预测研究[J]. 公共卫生与预防医学，2023，34(2)：77－82.
Guo RQ，Hu Y，Min SH，et al. Spatial distribution and prediction analysis of the national AIDS epidemic in 2009－2020[J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine，2023，34(2)：77－82.

[18] 杨尧，李功权. 中国近年艾滋病空间分布及影响因素分析[J]. 中国艾滋病性病，2018，24(12)：1208－1211.
Yang Y，Li GQ. Spatial distribution and influencing factors of AIDS in China in recent years[J]. Chinese Journal of AIDS & STD，2018，24(12)：1208－1211.

[19] 李雪华，张祖样，李洲林，等. 云南省瑞丽市常住外籍人员艾滋病危险行为及感染状况变化趋势[J]. 中华疾病控制杂志，2020，24(12)：1382－1386.
Li XH，Zhang ZY，Li ZL，et al. Analysis on the change trend of HIV/AIDS risk behaviors and infection status among permanent foreigners in Ruili City of Yunnan Province[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention，2020，24(12)：1382－1386.

[20] 朱靖. 中越边境地区暗娼与嫖客人群艾滋病流行病学研究[D]. 南京：东南大学，2019.
Zhu J. Epidemiologycal study on HIV/AIDS of female sex workers and their male clients in a Chinese-Vietnamese border region[D]. Nanjing：Southeast University，2019.

[21] 董莉娟，肖民扬，马艳玲，等. 2013—2015 年云南省吸毒人群

艾滋病新发感染危险因素分析[J]. 中华疾病控制杂志，2017，21(12)：1267－1270.
Dong LJ，Xiao MY，Ma YL，et al. Analysis on incidence and risk factors for HIV infection among drug users in Yunnan Province from 2013 to 2015[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention，2017，21(12)：1267－1270.

[22] 邢健男，贾曼红，王璐，等. 2004—2011 年云南省注射吸毒者艾滋病流行的时空分析[J]. 中华疾病控制杂志，2014，18(4)：317－321.
Xing JN，Jia MH，Wang L，et al. Study on the temporal-spatial analysis of HIV infection among injecting drug users in Yunnan Province from 2004 to 2011[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention，2014，18(4)：317－321.

[23] 朵林，林赟，杨丽华，等. 云南边境缅甸籍吸毒人员 HIV 感染情况及其影响因素分析[J]. 中国国境卫生检疫杂志，2013，36(4)：246－248，251.
Duo L，Lin Y，Yang LH，et al. Analysis on HIV infection situation and factors of Myanmar drug users at border cities of Yunnan [J]. Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine，2013，36(4)：246－248，251.

[24] 庹安写. 贵州省农民工艾滋病/性病知识、态度与高危性行为现状调查[J]. 中国男科学杂志，2015，29(4)：36－40.
Tuo AX. A survey on knowledge，attitude and high risk behaviors of AIDS/STD among migrant workers in Guizhou province[J]. Chinese Journal of Andrology，2015，29(4)：36－40.

[25] 张天齐，卞鹰. 中国西部 11 省农村地区就诊人群艾滋病知晓情况的调查[J]. 中国初级卫生保健，2016，30(10)：45－47.
Zhang TQ，Bian Y. Questionnaire survey on the HIV awareness among the rural patients in 11 provinces of western China [J]. Chinese Primary Health Care，2016，30(10)：45－47.

[26] 汤洪洋，康旖雯，岑平，等. 南宁市农村地区≥50 岁人群艾滋病知晓现状及性行为影响因素分析[J]. 中国预防医学杂志，2022，23(6)：430－435.
Tang HY，Kang YW，Cen P，et al. HIV/AIDS awareness and factors associated with sexual behaviors among rural residents aged 50 years and over in Nanning[J]. Chinese Preventive Medicine，2022，23(6)：430－435.

[27] 梁能秀，沈智勇，蓝光华，等. 广西农民工艾滋病知晓率及相关性行为调查分析[J]. 应用预防医学，2015，21(6)：400－402.
Liang NX，Shen ZY，Lan GH，et al. Survey on HIV awareness and related sexual behaviors among migrant workers in Guangxi[J]. Journal of Applied Preventive Medicine，2015，21(6)：400－402.

[28] 陈雪梅. 基于 ARIMA 模型的 2010—2020 年云南省 HIV/AIDS 发病率预测分析[J]. 现代医药卫生，2025，41(1)：11－17.
Chen XM. Prediction of HIV/AIDS incidence in Yunnan from 2010 to 2020 based on ARIMA model[J]. Journal of Modern Medicine & Health，2025，41(1)：11－17.

[29] 郭玉秀. 2004—2016 年我国艾滋病流行特征分析及月发病率预测研究[D]. 合肥：安徽医科大学，2019.
Guo YX. Analysis of AIDS epidemic characteristics and prediction of monthly incidence rate in China from 2004 to 2016 [D]. Hefei：Anhui Medical University，2019.

[30] 唐敏. 艾滋病在我国的传播与防控历程研究[D]. 遵义：遵义医科大学，2024.
Tang M. Research on the history of AIDS transmission and prevention in China[D]. Zunyi：Zunyi Medical University，2024.

[31] Anderson PL，Glidden DV，Liu A，et al. Emtricitabine-tenofovir concentrations and pre-exposure prophylaxis efficacy in men who have sex with men[J]. Sci Transl Med，2012，4(151)：151ra125.

[32] Molina JM，Capitant C，Spire B，et al. On-demand preexposure prophylaxis in men at high risk for HIV-1 infection[J]. N Engl J Med，2015，373(23)：2237－2246.

[33] 赵越，周兴军，严国进，等. 流动人口特征与艾滋病防治对策分析[J]. 中国卫生标准管理，2020，11(20)：7－10.
Zhao Y，Zhou XJ，Yan GJ，et al. Analysis of the characteristics of floating population and countermeasures against AIDS [J]. China Health Standard Management，2020，11(20)：7－10.

[34] 邱红恒，陈小龙，胡旺，等. 中国流动人口 HIV 感染状况和相关行为特征的累积 Meta 分析[J]. 南昌大学学报(医学版)，2018，58(5)：47－53，96.
Qiu HH，Chen XL，Hu W，et al. Cumulative meta-analysis of HIV infection and AIDS-related behavior characteristics in China's floating population[J]. Acta Academiae Medicinae Jiangxi，2018，58(5)：47－53，96.

[35] 周东华，陆秋娟，陈奎霖，等. 2018—2022 年海口市监测哨点男男性行为者 HIV 感染状况及相关因素分析[J]. 华南预防医学，2025，51(6)：677－680，684.
Zhou DH，Lu QJ，Chen KL，et al. HIV infection status and related factors among men who have sex with men at surveillance sites of Haikou，2018－2022[J]. South China Journal of Preventive Medicine，2025，51(6)：677－680，684.

[36] 郑杏容，陈晓霞，杨晓花，等. 广州某高校大一新生艾滋病防治"知信行"调查及分析[J]. 中国病毒病杂志，2025，15(4)：334－342.
Zheng XR，Chen XX，Yang XH，et al. Investigation and analysis of knowledge，attitudes and practice regarding HIV prevention among first-year students at a university in Guangzhou [J]. Chinese Journal of Viral Diseases，2025，15(4)：334－342.

（本文编辑：文细毛）

本文引用格式：张俊超，兰毅，王瀚炜，等. 2002—2022 年全国艾滋病发病率时空分布变化趋势及基于 ARIMA 模型预测分析[J]. 中国感染控制杂志，2026，25(5)：705－715. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20263080.

Cite this article as：ZHANG Junchao，LAN Yi，WANG Hanwei，et al. Changing trend of temporal and spatial distribution of AIDS incidence rates in China from 2002 to 2022 and prediction analysis based on ARIMA model[J]. Chin J Infect Control，2026，25(5)：705－715. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20263080.