·调查报告与分析·

2004—2020 年中国大陆地区丙型病毒性肝炎发病贝叶斯时空分析：基于中国公共卫生科学数据

杨颖，宋艾婧，林元修，刘鹏鲜，李晓睿，刘雅萍，宋肖肖，肖霞

昆明医科大学公共卫生学院，昆明 650506
通信作者：肖霞，E-mail：xiaoxia@kmmu.edu.cn

【摘　要】目的 分析 2004—2020 年中国大陆地区丙型病毒性肝炎（丙肝）发病的流行趋势与时空分布特征，为丙肝的精准防控提供科学依据。**方法** 收集中国公共卫生科学数据中心 2004 年 1 月 1 日—2020 年 12 月 31 日 31 个省（自治区、直辖市）报告的丙肝发病数和发病率，应用 Joinpoint 回归模型通过计算平均年度变化百分比（AAPC）和年度变化百分比（APC）分析丙肝发病的时间趋势，并应用 Bernardinelli 贝叶斯时空模型对丙肝时空演化特征进行评估。**结果** 2004—2020 年中国大陆地区丙肝年均发病率为 11.67/10 万，2004—2020 年丙肝发病率依次为 3.03/10 万、4.07/10 万、5.41/10 万、7.03/10 万、8.21/10 万、9.93/10 万、11.47/10 万、12.97/10 万、14.96/10 万、15.00/10 万、14.97/10 万、15.26/10 万、15.09/10 万、15.51/10 万、15.79/10 万、16.02/10 万和 13.82/10 万，2004—2020 年中国大陆地区丙肝发病率总体呈上升趋势（AAPC=10.15%，95%*CI*=9.73%～10.64%）；其中 2004—2007 年（APC=33.17%，95%*CI*=29.75%～39.81%）、2008—2012 年（APC=15.79%，95%*CI*=14.03%～17.99%）和 2013—2018 年（APC=0.89%，95%*CI*=0.06%～5.08%）丙肝发病率均呈显著上升趋势，2019—2020 年丙肝发病率呈显著下降趋势（APC=−4.82%，95%*CI*=−7.47%～−0.83%）；丙肝发病率具有区域差异，其中新疆维吾尔自治区（551.51/10 万）、青海省（453.22/10 万）和甘肃省（430.73/10 万）的丙肝年均发病率居于前 3 位，西藏自治区的丙肝发病率增长幅度最大（AAPC=26.40%，95%*CI*=21.32%～32.29%），而北京市的丙肝发病率则呈下降趋势（APC=−3.93%，95%*CI*=−5.91%～−0.74%）；Bernardinelli 贝叶斯时空模型结果显示，2004—2020 年中国大陆地区丙肝的整体发病风险（*RR*）值介于 0.012～4.248 之间，其中西北地区（如新疆维吾尔自治区、青海省、甘肃省）估计的 *RR* 值普遍较高且波动幅度较大，而东南沿海（如浙江省、江苏省）和部分华北地区（如天津市、北京市）、西南地区（如西藏自治区）估计的 *RR* 值相对较低且波动幅度较小，大多数地区（如甘肃省、河南省、吉林省）的 *RR* 值呈先升后降变化，其 *RR* 值在 2004 年以后稳步上升，且在 2013—2016 年达到峰值后有所降低，而云南省、湖南省和四川省等省份则整体呈逐年上升趋势。**结论** 2004—2020 年中国大陆地区丙肝整体发病率呈上升趋势，且发病率在时间和空间上均有显著变化，高发地区主要集中于西北地区，部分西南部省份增长明显。

【关键词】 丙型病毒性肝炎（丙肝）；发病；贝叶斯时空分析；中国大陆地区

Bayesian spatiotemporal analysis of hepatitis C incidence in the mainland of China, 2004–2020: based on public health scientific data from China

YANG Ying, SONG Aijing, LIN Yuanxiu, LIU Pengxian, LI Xiaorui, LIU Yaping, SONG Xiaoxiao, XIAO Xia (*School of Public Health*, *Kunming Medical University*, *Kunming* 650506, *China*)
Corresponding author: XIAO Xia, E-mail: xiaoxia@kmmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To analyze the epidemiological trend and spatiotemporal distribution characteristics of hepatitis C incidence in the mainland of China from 2004 to 2020, thereby providing a scientific basis for precise prevention and control. **Methods** Data were obtained from the China Public Health Science Data Center, covering reported hepatitis C cases and incidence rates across 31 provinces (autonomous regions and municipalities) from January 1, 2004 to December 31, 2020. The Joinpoint regression model was adopted to analyze the temporal trends by calculating the average annual percent change (AAPC) and annual percent change (APC), and the Bayesian spatiotemporal model proposed by Bernardinelli was employed to assess the spatiotemporal evolutionary characteristics of hepatitis C. **Results** From 2004 to 2020, the average annual incidence of hepatitis C in the mainland of China was 11.67 per 100 000, with yearly rates of 3.03, 4.07, 5.41, 7.03, 8.21, 9.93, 11.47, 12.97, 14.96, 15.00, 14.97, 15.26, 15.09, 15.51, 15.79, 16.02, and 13.82 per 100 000, respectively, showing an overall increasing trend (AAPC = 10.15%, 95%*CI*: 9.73%–10.64%). Significant upward trends were observed during 2004–2007 (APC = 33.17%, 95%*CI*: 29.75%–39.81%), 2008–2012 (APC = 15.79%, 95%*CI*: 14.03%–17.99%), and 2013–2018 (APC = 0.89%, 95%*CI*: 0.06%–5.08%), whereas a decline occurred during 2019–2020

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0 DOI：10.11847/zgggws1148063
基金项目：云南省科技厅昆明医科大学应用基础研究联合专项（202301AY070001-259）；云南省教育厅公共卫生与疾病防控重点实验室资助（2023ZD08）；昆明医科大学教育教学研究（2023-JY-Y-042）
第一作者：杨颖（2000—），硕士在读，研究方向：公共卫生。
收稿日期：2025-05-27　修回日期：2025-10-14　录用日期：2025-12-03
利益冲突：不存在　伦理审查：免除审查　出版授权：全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议

(APC = –4.82%, 95%*CI*: –7.47% to –0.83%). Regional disparities were evident, with Xinjiang Uygur Autonomous Region (551.51/100 000), Qinghai province (453.22/100 000), and Gansu province (430.73/100 000) exhibiting the highest average annual incidences, Xizang Autonomous Region showing the largest increase (AAPC = 26.40%, 95%*CI*: 21.32%–32.29%), and Beijing demonstrating a declining trend (APC = –3.93%, 95%*CI*: –5.91% to –0.74%). The Bayesian spatiotemporal model proposed by Bernardinelli indicated that the relative risk (*RR*) of hepatitis C across the mainland of China from 2004 to 2020 ranged from 0.012 to 4.248. Higher and more fluctuating *RR* values were observed in northwestern regions (including Xinjiang Uygur Autonomous Region, Qinghai province, and Gansu province), whereas southeastern coastal provinces (e.g., Zhejiang, Jiangsu), parts of northern China (e.g., Tianjin and Beijing), and southwestern regions (e.g., Xizang Autonomous Region) showed lower and more stable RR values. The *RR* values of most provincial-level administrative regions, such as Gansu province, Henan province, and Jilin province, displayed a rise–fall pattern, steadily increasing after 2004, peaking between 2013 and 2016, and then decreasing, while Yunnan province, Hunan province, and Sichuan province exhibited a continuous upward trend throughout the study period. **Conclusion** Between 2004 and 2020, the overall incidence of hepatitis C in the mainland of China exhibited an upward trend, with significant temporal and spatial variations. High-risk areas were concentrated in northwestern China, while certain provincial-level administrative regions in southwestern China showed marked increases in the incidence.

【**Keywords**】 hepatitis C virus (HCV); incidence; Bayesian spatiotemporal analysis; the mainland of China

丙型病毒性肝炎(简称“丙肝”)是由丙型肝炎病毒引起的一种严重传染病，主要通过血液、母婴和性接触传播，该病起病隐匿、自愈率低，极易发展为慢性肝病，是导致肝硬化和肝细胞癌的重要诱因，严重威胁人类健康[1]。据世界卫生组织最新估计，截至 2022 年，全球约有 5 000 万人患有慢性丙型肝炎，每年约有 100 万例新发感染，约 24.2 万人死于与丙肝相关的并发症，是全球公共卫生的重要挑战。中国是全球丙肝流行较为严重的国家之一，相关疾病负担严重，原发性肝癌的发病率和死亡率占全球半数以上，丙肝相关肝硬化和肝癌病例占相当比例[2]。由于目前尚无可用于人群的有效丙肝疫苗，因此防治形势十分严峻，感染丙型肝炎病毒已成为突出的公共卫生问题之一[3]。既往研究多通过空间自相关分析和空间–时间扫描方法描绘丙肝的时空分布特征[4]，但基于 Bernardinelli 贝叶斯时空模型的研究却较少。近年来，Bernardinelli L 等[5] 提出的贝叶斯时空模型作为贝叶斯时空层级模型的一种典型形式，能够同时考虑空间结构化与非结构化效应以及地区特异的时间变化，从而更精细地揭示丙肝的时空异质性，为揭示疾病风险的地理和时间动态提供了强有力的工具。为分析 2004—2020 年中国大陆地区丙肝发病的流行趋势与时空分布特征，为丙肝的精准防控提供科学依据，本研究收集中国公共卫生科学数据中心 2004 年 1 月 1 日—2020 年 12 月 31 日 31 个省(自治区、直辖市)报告的丙肝发病数和发病率，应用 Joinpoint 回归模型通过计算平均年度变化百分比(average annual percent change, AAPC)和年度变化百分比(annual percent change, APC)分析丙肝发病的时间趋势，并应用 Bernardinelli 贝叶斯时空模型对丙肝时空演化特征进行评估。结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 资料来源　2004 年 1 月 1 日—2020 年 12 月 31 日中国大陆 31 个省(自治区、直辖市)的丙肝报告发病数和发病率来源于中国公共卫生科学数据中心(http://www.phsciencedata.cn/Share/index.html?8defcfc2-b9a4-4225-b92c-ebb002321cea)，其中丙肝按照《WS 213—2008 丙型病毒性肝炎诊断标准》[6] 和《WS 213—2018 丙型肝炎诊断》[7] 的诊断标准进行判断；人口学资料来源于国家统计年鉴第七次全国人口普查结果[8]。

1.2 统计分析　应用 Joinpoint 5.2.0 软件建立 Joinpoint 回归模型，根据 AAPC/APC 值、95%*CI* 及对应的 *P* 值来判断报告发病率变化趋势是否有统计学意义。当 $P>0.05$ 时，变化趋势平稳；当 $P\leqslant 0.05$ 时，AAPC/APC 值为正值时表示上升趋势，AAPC/APC 值为负值时表示下降趋势[9]。本研究应用 Bernardinelli 贝叶斯时空模型[10] 对丙肝时空演化特征进行评估，以估计中国丙肝在不同地区和时间段的疾病相对风险(relative risk, *RR*)，同时引入时间的二次项效应以捕捉非线性的长期趋势。假设在第 j 年第 i 个区域丙肝发病数为 Y_{ij}，由于丙肝发病率较低，因此可认为丙肝发病数 Y_{ij} 遵循平均值 $e_{ij}r_{ij}$ 的泊松分布，即 $Y_{ij}\mid\theta_{ij}\sim \text{Poisson}\left(e_{ij}\theta_{ij}\right)$。其中，$e_{ij}$ 为疾病期望发病人数，θ_{ij} 为在第 j 年在第 i 个区域实际发病人数与预期发病人数的比值，即疾病发病的 *RR*。对 θ_{ij} 取对数后进行线性建模，具体形式如下：$\log\left(\theta_{ij}\right)=\alpha+\mu_i+v_i+(\beta_1+\delta_{1i})t_j+\beta_2 t_j{}^2$。其中，$\alpha$ 为全局截距项；μ_i 和 v_i 分别表示区域 i 的空间结构化随机效应和非结构化随机效应；β_1 为全局时间趋势线性项系数；δ_{1i} 为区域 i 的时间趋势偏移量；β_2 为全局时间趋势的二次项系数；t_j 为时间变量，表示第 j 个观测年份对应的时间数值。为各参数指定如下先验分布：固定效应先验：$\alpha\sim$

N（0，1 000），$\beta_1 \sim N$（0,1 000），$\beta_2 \sim N$（0，1 000）；空间非结构化效应：$v_i \sim N(0,\sigma_v^2), \sigma_v^2 \sim Inverse-Gamma(0.01,0.01)$，其中，$\sigma_v^2$表示空间非结构化效应$v_i$的方差，空间结构化效应采用内在条件自回归模型（intrinsic conditional autoregressive model，ICAR）：$u_i' u_{-i} \sim N(\frac{1}{n_i}\sum_{j\in\partial i} u_j, \frac{1}{n_i \tau_u}), \tau_u \sim Gamma(1,0.01)$，$\sum j \in \partial_i$表示对第 i 个区域的所有邻居区域 j 的和，∂_i表示与第 i 个区域相邻的区域集合，n_i是邻接区域个数，u_j是第 j 个空间区域对应的结构化空间随机效应值，τ表示精度，是方差的倒数即$\tau = \frac{1}{\sigma^2}$；时间交互效应：$\delta_i \sim N(0,\sigma_\delta^2), \sigma_\delta^2 \sim Inverse-Gamma(0.01,0.01)$，其中$\delta_i$是第 i 个区域的时间线性随机偏差，σ_δ^2是这些偏差的方差，控制各地区时间趋势差异的幅度。模型拟合采用 R 4.3.1 中的 INLA 包实现。检验水准均为双侧检验a=0.05。

2 结　果

2.1　2004—2020 年中国大陆地区丙肝报告发病流行概况　2004—2020 年中国大陆地区累计报告丙肝发病数为 2 696 006 例，年均发病率为 11.67/10 万；2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2011、2012、2013、2014、2015、2016、2017、2018、2019 和 2020 年报告丙肝发病数分别为 39 381、52 927、70 681、92 378、108 446、131 849、153 039、173 872、201 622、203 155、202 803、207 897、206 832、214 023、219 375、223 660 和 194 066 例，发病率分别为 3.03/10 万、4.07/10 万、5.41/10 万、7.03/10 万、8.21/10 万、9.93/10 万、11.47/10 万、12.97/10 万、14.96/10 万、15.00/10 万、14.97/10 万、15.26/10 万、15.09/10 万、15.51/10 万、15.79/10 万、16.02/10 万和 13.82/10 万，2004—2020 年丙肝发病率总体呈上升趋势（AAPC=10.15%，95%*CI*=9.73%～10.64%，*P*<0.001）；其中 2004—2007 年（APC=33.17%，95%*CI*=29.75%～ 39.81%，*P*<0.001）、2008—2012 年（APC=15.79%，95%*CI*=14.03%～17.99%，*P*<0.001）和 2013—2018 年（APC=0.89%，95%*CI*=0.06%～5.08%，*P*=0.041）丙肝发病率均呈显著上升趋势，2019—2020 年丙肝发病率呈显著下降趋势（APC=−4.82%，95%*CI*=−7.47%～−0.83%，*P*=0.012）。

2.2　2004—2020 年中国大陆地区 31 个省（自治区、直辖市）丙肝报告发病变化趋势（表 1）　Joinpoint 回归分析结果显示，2004—2020 年中国大陆地区 28 个省（自治区、直辖市）的丙肝报告发病率呈上升趋势（均 *P*<0.05），且丙肝报告发病率具有区域差异，其中新疆维吾尔自治区、青海省和甘肃省等部分省份的丙肝报告发病率较高，而江苏省和山东省等东部沿海省份的丙肝报告发病率相对较低；西藏自治区、湖南省和贵州省等省份的丙肝报告发病率增长迅速（均 *P*<0.001）。北京市是丙肝报告发病率唯一呈明显下降趋势的地区（AAPC=−3.93%，95%*CI*=−5.91%～−0.74%，*P*=0.018），而东北地区吉林省和黑龙江省的丙肝报告发病率在 2004—2020 年变化趋势差异均无统计学意义（均 *P*>0.05）。

表 1　2004—2020 年中国大陆地区 31 个省（自治区、直辖市）丙肝报告发病情况及变化趋势

Table 1　Reported incidence and temporal trends of hepatitis C in 31 provinces (autonomous regions and municipalities) in the mainland of China, 2004–2020

地区	省（自治区、直辖市）	报告发病例数	年均发病率/（1/10万）	AAPC值/%	95%*CI*	*P*值
华东	山东省	52 531	51.68	14.76	13.67～15.96	<0.001
	江苏省	43 184	50.94	7.46	6.74～8.20	<0.001
	安徽省	77 134	126.35	19.80	19.12～20.51	<0.001
	浙江省	38 730	59.88	6.36	5.04～8.12	<0.001
	福建省	32 407	77.88	11.18	10.62～11.77	<0.001
	江西省	34 509	76.37	8.01	7.02～8.92	<0.001
	上海市	19 720	79.26	14.36	10.53～17.19	<0.001
华南	广东省	279 616	221.50	13.75	12.97～14.66	<0.001
	广西壮族自治区	133 070	265.13	9.26	8.78～9.84	<0.001
	海南省	26 558	262.43	15.76	14.68～16.91	<0.001
华中	湖北省	106 672	185.68	12.86	11.83～14.11	<0.001
	湖南省	150 542	226.55	22.24	21.29～23.30	<0.001
	河南省	374 709	376.93	9.00	8.27～10.04	<0.001
华北	北京市	18 415	84.13	−3.93	−5.91～−0.74	0.018
	天津市	9 925	71.56	5.74	2.61～10.18	0.016
	河北省	100 247	134.31	12.68	11.24～14.17	<0.001
	山西省	105 520	302.35	10.28	9.44～11.30	<0.001
	内蒙古自治区	91 811	382.07	8.45	7.43～9.48	<0.001

续表 1
Table 1 Continued

地区	省(自治区、直辖市)	报告发病例数	年均发病率/(1/10万)	AAPC值/%	95%*CI*	*P*值
西北	宁夏回族自治区	9 218	127.85	9.87	7.69～12.51	<0.001
	新疆维吾尔自治区	142 842	551.51	9.59	8.65～10.60	<0.001
	青海省	26 876	453.22	8.61	6.47～10.75	<0.001
	陕西省	93 556	236.55	6.38	4.01～8.33	<0.001
	甘肃省	107 725	430.73	5.82	4.17～7.65	<0.001
西南	四川省	124 461	148.68	15.41	14.08～16.91	<0.001
	贵州省	55 682	144.33	20.00	18.92～21.34	<0.001
	云南省	111 186	235.46	16.66	15.47～18.03	<0.001
	西藏自治区	550	15.03	26.40	21.32～32.29	<0.001
	重庆市	45 298	141.16	14.47	13.02～16.10	<0.001
东北	辽宁省	109 691	257.79	6.30	5.07～7.52	<0.001
	吉林省	94 339	393.24	0.76	−0.23～1.75	0.114
	黑龙江省	79 282	250.02	0.48	−1.14～1.94	0.518

注：根据省级自然和社会经济状况，研究区域被划分为七个区域(华东：山东省、江苏省、安徽省、浙江省、福建省、江西省、上海市；华南：广东省、广西壮族自治区、海南省；华中：湖北省、湖南省、河南省；华北：北京市、天津市、河北省、山西省、内蒙古自治区；西北：宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、青海省、陕西省、甘肃省；西南：四川省、贵州省、云南省、西藏自治区、重庆市；东北：辽宁省、吉林省、黑龙江省)。

2.3　2004—2020 年中国大陆地区 31 个省(自治区、直辖市)丙肝报告发病风险 Bernardinelli 贝叶斯时空模型分析(表 2)　Bernardinelli 贝叶斯时空模型分析结果显示，2004—2020 年中国大陆地区丙肝发病整体 *RR* 值介于 0.012～4.248 之间，西北地区如新疆维吾尔自治区、青海省和甘肃省的丙肝发病 *RR* 值较高，而东南沿海地区如浙江省、江苏省、福建省以及部分华北地区如天津市、北京市和西南地区如西藏自治区、贵州省的丙肝发病 *RR* 值较低。*RR* 时间动态序列结果显示，西南如西藏自治区和东部沿海省份如江苏省、浙江省在整个研究期间的 *RR* 值大多保持在<1.0 且波动幅度较小；但多数地区如甘肃省、河南省、吉林省的 *RR* 值则呈先升高而后降低的变化趋势，其 *RR* 值在 2004 年以后稳步上升，在 2013—2016 年达到峰值随后回落。此外，云南省、湖南省和四川省尽管 *RR* 值在 2004 年相对较低，但整体呈逐年上升趋势。

表 2　2004—2020 年中国大陆地区 31 个省(自治区、直辖市)丙肝报告发病 *RR* 值
Table 2　Estimated relative risks (*RR*) of hepatitis C in 31 provinces (autonomous regions and municipalities) in the mainland of China, 2004–2020

地区	省(自治区、直辖市)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
华东	山东省	0.052	0.087	0.098	0.115	0.119	0.130	0.139	0.184	0.249	0.312	0.350	0.362	0.362	0.447	0.516	0.526	0.493
	江苏省	0.130	0.139	0.161	0.169	0.187	0.189	0.219	0.217	0.254	0.293	0.287	0.331	0.331	0.345	0.359	0.468	0.441
	安徽省	0.094	0.099	0.141	0.179	0.232	0.310	0.392	0.481	0.617	0.690	0.786	0.921	0.921	1.098	1.266	1.539	1.424
	浙江省	0.126	0.156	0.174	0.215	0.247	0.267	0.311	0.333	0.423	0.331	0.337	0.366	0.366	0.417	0.377	0.431	0.449
	福建省	0.074	0.092	0.146	0.187	0.270	0.381	0.447	0.477	0.581	0.579	0.596	0.611	0.611	0.540	0.503	0.449	0.433
	江西省	0.116	0.135	0.162	0.214	0.212	0.272	0.321	0.377	0.433	0.494	0.680	0.743	0.743	0.521	0.525	0.516	0.456
	上海市	0.050	0.063	0.091	0.096	0.121	0.123	0.132	0.142	0.572	0.557	0.628	0.638	0.638	0.830	0.748	0.822	0.611
华南	广东省	0.159	0.270	0.423	0.565	0.741	0.888	1.060	1.219	1.470	1.449	1.501	1.486	1.486	1.687	1.677	1.817	1.693
	广西壮族自治区	0.363	0.505	0.647	0.909	1.139	1.441	1.695	1.781	1.796	1.762	1.695	1.617	1.617	1.694	1.702	1.641	1.546
	海南省	0.140	0.190	0.222	0.399	0.497	0.569	0.800	0.986	1.246	1.780	2.371	2.949	2.949	2.679	2.099	1.925	1.734
华中	湖北省	0.169	0.234	0.346	0.501	0.595	0.738	0.771	0.937	0.977	1.131	1.215	1.344	1.344	1.603	1.681	1.590	1.107
	湖南省	0.084	0.145	0.212	0.347	0.446	0.605	0.781	0.993	1.272	1.554	1.715	1.752	1.752	1.904	2.180	2.315	2.041
	河南省	0.425	0.726	1.063	1.444	1.693	2.042	2.408	2.900	3.567	3.074	2.500	2.213	2.213	1.918	1.958	1.922	1.632
华北	北京市	0.299	0.462	0.649	0.628	0.620	0.606	0.613	0.519	0.430	0.399	0.371	0.358	0.358	0.345	0.355	0.294	0.212
	天津市	0.183	0.245	0.452	0.451	0.262	0.256	0.256	0.270	0.248	0.245	0.298	0.393	0.393	0.503	0.540	0.591	0.814
	河北省	0.122	0.193	0.248	0.310	0.328	0.456	0.533	0.618	0.761	0.849	0.956	1.120	1.121	1.116	1.212	1.167	0.917
	山西省	0.375	0.558	0.702	0.983	1.057	1.200	1.341	1.552	1.928	2.170	2.229	2.165	2.165	2.144	2.188	2.286	1.926
	内蒙古自治区	0.535	0.747	1.003	1.221	1.386	1.698	2.061	1.970	2.514	2.603	2.506	2.548	2.548	2.951	2.901	2.617	2.067

续表 2
Table 2 Continued

地区	省(自治区、直辖市)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
西北	宁夏回族自治区	0.161	0.248	0.222	0.310	0.353	0.407	0.561	0.726	0.778	0.691	0.803	0.992	0.992	0.991	1.177	1.051	0.888
	新疆维吾尔自治区	0.376	0.707	1.421	2.188	2.601	2.930	3.056	3.785	3.899	4.248	4.027	3.766	3.766	3.691	3.461	3.081	2.131
	青海省	0.589	0.875	0.902	1.537	1.965	2.777	2.195	2.338	2.717	3.199	2.994	2.990	2.991	3.303	3.146	2.801	2.556
	陕西省	0.508	0.601	0.765	0.878	0.770	0.856	0.950	1.085	1.345	1.398	1.536	1.617	1.617	1.810	1.826	1.867	1.514
	甘肃省	1.047	1.040	1.131	1.574	1.944	2.349	2.695	2.999	3.181	2.665	2.374	2.413	2.413	2.754	2.749	2.627	2.201
西南	四川省	0.139	0.213	0.215	0.275	0.339	0.498	0.737	0.812	0.927	0.945	0.944	1.057	1.057	1.086	1.157	1.380	1.437
	贵州省	0.074	0.123	0.205	0.288	0.421	0.561	0.644	0.711	0.722	0.889	1.025	1.084	1.085	1.260	1.264	1.195	1.253
	云南省	0.153	0.249	0.405	0.506	0.613	0.820	1.013	1.113	1.304	1.621	1.673	1.952	1.952	1.768	2.029	2.074	1.785
	西藏自治区	0.012	0.014	0.021	0.039	0.027	0.040	0.052	0.067	0.074	0.055	0.077	0.079	0.080	0.135	0.160	0.187	0.182
	重庆市	0.137	0.160	0.201	0.326	0.443	0.457	0.553	0.705	0.776	0.881	0.943	1.085	1.085	1.278	1.152	1.165	1.108
东北	辽宁省	0.573	0.599	0.772	0.892	1.049	1.163	1.326	1.337	1.421	1.371	1.686	1.837	1.837	1.899	1.927	1.869	1.486
	吉林省	1.077	1.270	1.397	1.715	2.133	2.698	3.068	3.350	3.173	2.462	2.334	2.355	2.355	1.632	1.532	1.529	1.128
	黑龙江省	1.002	0.935	1.056	1.165	1.196	1.477	1.504	1.563	1.790	1.780	1.436	1.367	1.367	1.309	1.266	1.293	0.794

3 讨 论

本研究结果显示，2004—2020 年中国大陆地区丙肝报告发病率整体呈上升趋势，与其他研究结果一致[3, 11]，这可能与 2004 年传染病病例网络直报系统的建立以及哨点监测的推广有关，其中，2010 年增设 5 类 87 个丙肝监测哨点，每年持续在人群中开展丙肝抗体监测，提高了报告的准确性和完整性。2004—2018 年丙肝报告发病率呈上升趋势，其中 2004—2007 年丙肝报告发病率上升最快（APC=33.17%，95%*CI*=29.75%～39.81%，*P*<0.001），与 Sun N 等[12] 研究结果一致，但在 2019—2020 年丙肝报告发病率明显下降趋势（APC=−4.82%，95%*CI*=−7.47%～−0.83%，*P*=0.012），这可能与 2018 年实施的《WS 213—2018 丙型病毒性肝炎诊断标准》[6] 对规范和更新丙肝预防、诊断和抗病毒治疗等均给出了具体指导以及 2020 年新型冠状病毒感染疫情对丙肝检测具有一定影响有关。

Joinpoint 回归结果显示，2004—2020 年中国大陆地区丙肝报告发病率居于前 3 位的依次为新疆维吾尔自治区（551.51/10 万）、青海省（453.22/10 万）和甘肃省（430.73/10 万），与 Tian G 等[13] 研究结果一致，此 3 个省份（自治区）均位于我国西部地区，年报告发病率高的原因可能与社会经济条件较低相关，有研究表明经济欠发达地区居民的文化水平较低，丙肝防治知识普及率不足[14]，防控意识薄弱，缺乏有效的防控措施，这使得该地区的丙肝发病风险较高；同时，由于卫生资源匮乏、专业技术人才短缺以及疾病预防控制能力不足等问题，进一步加剧了该地区丙肝的传播风险。此外，西藏自治区（AAPC=26.40%，95%*CI*=21.32%～32.29%）、湖南省（AAPC=22.24%，95%*CI*=21.29%～23.30%）和贵州省（AAPC=20.00%，95%*CI*=18.92%～21.34%）等省份的丙肝报告发病率增长迅速（均 *P*<0.001），可能原因为检测能力提升导致报告数增加以及高危行为如共用针具、早期非法采供血及医疗操作不规范、外出务工人员感染后返乡传播等[15]。为此，应加大西部高风险地区的防控投入，包括加强筛查、优化治疗和普及健康教育[16−17]；同时，重点关注丙肝发病增长迅速的地区，采取针对性措施，有效遏制其发展趋势，并结合国家《消除丙型肝炎公共卫生危害行动工作方案（2021—2030 年）》[18]，实施因地制宜的综合干预，推动实现丙肝公共卫生危害的彻底消除。

Bernardinelli 模型引入地区固定效应、空间结构效应及线性与非线性的时间效应，可有效捕捉传染病在不同时空尺度下的变化特征[19]。2004—2020 年中国大陆地区丙肝发病整体 *RR* 值介于 0.012～4.248 之间，西北地区如新疆维吾尔自治区、青海省和甘肃省的丙肝发病 *RR* 值较高，而东南沿海地区如浙江省、江苏省、福建省以及部分华北地区如天津市、北京市和西南地区如西藏自治区、贵州省的丙肝发病 *RR* 值较低。*RR* 时间动态序列结果显示，西南如西藏自治区和东部沿海省份如江苏省、浙江省在整个研究期间的 *RR* 值大多保持在<1.0 且波动幅度较小；但多数地区如甘肃省、河南省、吉林省的 *RR* 值则呈先升高而后降低的变化趋势，其 *RR* 值在 2004 年以后稳步上升，在 2013—2016 年达到峰值随后回落。此外，云南省、湖南省和四川省尽管 *RR* 值在 2004 年相对较低，但整体呈逐年上升趋势。

本研究分析结果显示，西北地区如新疆维吾尔自治区、青海省和甘肃省持续处于高风险状态，这可能与该地区特殊的地理环境、社会经济状况以及医疗卫生资源分布不均等有关[20]，这可能与西部地区地广人稀、医疗资源相对匮乏、丙

肝筛查和治疗的可及性较低，导致感染后未能及时发现和治疗，进而增加了传播风险。相比之下，东南沿海地区如浙江省、江苏省、福建省以及部分华北地区如天津市、北京市和西南地区如西藏自治区、贵州省的丙肝发病风险较低，可能是因为沿海和部分华北地区经济较为发达，医疗卫生条件较好，因此丙肝的筛查和治疗更为普及；且西藏自治区和贵州省地区地理环境复杂、部分地区交通不便，限制了人口流动和外界接触，也在一定程度上减少了丙肝病毒的输入与传播，从而降低了发病风险。本研究结果还显示，多数地区丙肝发病 *RR* 值在 2015 年前后达到峰值后有所下降，可能与 2015 年国家卫生健康委发布的《丙型肝炎防治指南（2015 年更新版）》[21] 中明确提出加强重点人群筛查与随访管理有关。此外，本研究发现云南省、湖南省和四川省尽管 *RR* 值在 2004 年相对较低，但整体呈逐年上升趋势。这可能是因为云南省和四川省同属西南地区，地理上毗邻“金三角”，注射吸毒人群基数较大，因此使得丙肝通过共用针具传播的风险显著增加，研究表明 2013—2022 年云南省吸毒者中丙肝病毒感染率高达 27.46%[22]，说明该高风险群体对丙肝传播影响很大；而湖南省属于华中地区，其 *RR* 值上升可能与经济发展和人口流动加快相关，跨区域流动增加了丙肝病毒的输入和传播风险。因此，未来丙肝防控策略应聚焦于“高风险–高增长”和“高风险–低增长”地区，采取双重维度精确干预策略优化公共卫生资源配置，提升西部地区的丙肝检测能力及治疗可及性，同时针对长期高风险但增长缓慢的地区，加强持续监测与早期干预，以实现整体疾病负担的有效降低。

综上所述，为有效控制丙肝的传播，我国丙肝防控需注重西北高发地区的资源投入，包括提高检测覆盖率、优化治疗体系和加强健康教育等；还应进一步完善中西部地区的公共卫生基础设施，缩小其与东部地区的差距。与此同时，针对静脉注射毒品者等高风险人群，应通过社区干预和监测网络降低传播风险。此外，未来研究可结合社会行为与环境因素，深化对丙肝传播机制的认识，以便制定更精准的公共卫生政策，加速实现丙肝消除目标。本研究存在的局限性为：数据来源于公共卫生科学数据中心，其公布的最新数据截止到 2020 年，且仅能获取到月度数据，缺乏性别和职业等个案信息以及社会经济等影响因素，可能限制了模型对影响因素的解释能力；此外，监测数据本身可能存在报告不全、漏报或延迟等偏倚，这些问题在一定程度上可能影响模型的精确性。针对上述局限性，今后的研究可通过获取更高分辨率的个案级数据，并结合多源监测数据或开展前瞻性队列调查，以增强模型对发病风险的解释能力，并减少漏报和延迟带来的偏倚。

数据可用性声明　本分析中使用的所有输入数据的引用和元数据均可从中国公共卫生科学数据中心公开数据库下载（网站地址：http://www.phsciencedata.cn/Share/index.html?8defcfc2-b9a4-4225-b92c-ebb002321cea）。

参考文献

[1] 宁少奇, 刘晨越, 胡丹妮, 等. 2015—2021 年陕西省丙型病毒性肝炎流行特征和空间聚集性 [J]. 中华疾病控制杂志, 2023, 27(8): 983-988.

[2] 李健, 庞琳, 王晓春, 等. 中国丙型肝炎防治进展与展望 [J]. 中国艾滋病性病, 2022, 28(7): 761-765.

[3] 白峻竹, 游姝萌, 张馨, 等. 2006—2020 年中国丙型病毒性肝炎发病趋势及年龄–时期–队列分析 [J]. 现代预防医学, 2024, 51(14): 2497-2500, 2534.

[4] 刘炜炜, 胡跃华, 于石成, 等. 中国大陆地区 2008—2013 年丙肝发病时空聚集性及社会经济影响因素 [J]. 中国公共卫生, 2016, 32(4): 482-487.

[5] Bernardinelli L, Clayton D, Pascutto C, et al. Bayesian analysis of space-time variation in disease risk[J]. Statistics in Medicine, 1995, 14(21/22): 2433-2443.

[6] 中华人民共和国卫生部. WS 213—2008 丙型病毒性肝炎诊断标准 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2009.

[7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS 213—2018 丙型肝炎诊断 [J]. 临床肝胆病杂志, 2018, 34(8): 1619-1621.

[8] 国家统计局. 中国统计年鉴 [EB/OL]. [2025-08-28]. https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/.

[9] 张家玮, 周敏, 苏永健, 等. 基于 Joinpoint 回归模型分析 2005—2021 我国甲型肝炎发病趋势 [J]. 华南预防医学, 2024, 50(7): 604-607, 612.

[10] Ramsay J O, Silverman B W. Functional data analysis[M]. 2nd ed. New York: Springer, 2005.

[11] 杨仙湖, 姚媛媛, 刘兴荣. 2004—2020 年中国丙型病毒性肝炎流行特征和空间聚集性 [J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(12): 1492-1498.

[12] Sun N, He F L, Sun J F, et al. Viral hepatitis in China during 2002–2021: epidemiology and influence factors through a country-level modeling study[J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 1820.

[13] Tian G, Zheng Y, He Y H, et al. Epidemiological trends of hepatitis C incidence and death in China′s mainland between 2004 and 2018 and its predictions to 2030[J]. BMC Infectious Diseases, 2025, 25(1): 483.

[14] 耿梦杰, 王丽萍, 张丽杰, 等. 山西省大同市左云县农牧民布鲁氏菌病知识和危险行为调查 [J]. 疾病监测, 2019, 34(1): 57-61.

[15] 中华医学会肝病学分会, 中华医学会感染病学分会. 丙型肝炎防治指南 (2022 年版)[J]. 中华肝脏病杂志, 2022, 30(12): 1332-1348.

[16] Qian J J, Yue M, Huang P, et al. Spatiotemporal heterogeneity and impact factors of hepatitis B and C in China from 2010 to 2018: Bayesian space-time hierarchy model[J]. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 2023, 13: 1115087.

[17] 孙海泉, 肖革新, 郭莹, 等. 中国 2008—2012 年丙肝流行规律及空间聚集性分析 [J]. 中国公共卫生, 2014, 30(3): 286-289.

[18] 国家卫生健康委办公厅, 科技部办公厅, 工业和信息化部办公厅, 等. 关于印发消除丙型肝炎公共卫生危害行动工作方案 (2021—2030 年) 的通知 [EB/OL]. (2021-08-31)[2025-08-28]. https://www.nhc.gov.cn/wjw/c100175/202109/9348ac38282647eb84eba1a20140d28a.shtml.

[19] Bernardinelli L, Clayton D, Montomoli C. Bayesian estimates of disease maps: how important are priors?[J]. Statistics in Medicine, 1995, 14(21/22): 2411-2431.

[20] 董邓波, 邹圣强, 唐舒. 2009—2019 年中国病毒型肝炎发病的时空流行病学特征分析 [J]. 现代预防医学, 2024, 51(4): 595-601.

[21] 中华医学会肝病学分会, 中华医学会感染病学分会.《丙型肝炎防治指南》2015 年更新版 [J]. 实用肝脏病杂志, 2016, 19(4): 521-538.

[22] 张小斌, 张琬悦, 郭艳, 等. 2013—2022 年云南省 11 类人群丙型肝炎抗体检测结果分析 [J]. 中国公共卫生, 2024, 40(7): 790-793.