

河南省新冠肺炎疫情时空扩散特征与人口流动风险评估 ——基于1 243例病例报告的分析

刘 勇^{1,2}, 杨东阳^{1,2}, 董冠鹏^{1,2}, 张 航¹, 苗长虹^{*1,2}

(1. 河南大学 黄河文明与可持续发展研究中心暨黄河文明省部共建协同创新中心, 中国河南 开封 475001;

2. 河南大学 环境与规划学院, 中国河南 开封 475001)

摘 要:文章搜集了河南省1 243例新冠肺炎的病例数据,利用探索性数据分析方法,在区县尺度上从病例总量、输入性扩散性病例数量以及扩散比三个维度探究了河南省新冠肺炎疫情的时空扩散过程,进一步基于人口流动评估了各个区县春节过后疫情风险。研究发现,河南省新冠病毒疫情经历了发生、迅速发展和趋于稳定的发展过程,目前病例总量和扩散比的“S”型曲线已经呈现;病例总量、输入性扩散性病例均呈现显著的空间集聚特征,其中病例总量与输入性扩散性病例高一高集聚区主要分布于信阳大部分区县,南阳、驻马店、郑州部分区县,遵循与湖北省地理邻近和网络邻近的特征;扩散比较高的区县为分散分布,且大多为家庭式集聚性扩散;在人口流动的影响下,信阳市主城区及周边县,安阳、郑州、许昌、平顶山等市主城区,人口流入和流出所引致的相对风险较高。随着疫情的发展,需要及时评估疫情动态,并兼顾人口流动风险进行动态疫情风险划分,以便及时有效地指导区域疫情的防控与经济社会秩序恢复。

关键词:SARS-CoV-2; COVID-19; 时空特征; 人口流动风险; 河南省

中图分类号:R181.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-8462(2020)03-0024-09

DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2020.03.004

The Spatio-Temporal Spread Characteristics of 2019 Novel Coronavirus Pneumonia and Risk Assessment Based on Population Movement in Henan Province: Analysis of 1 243 Individual Case Reports

LIU Yong^{1,2}, YANG Dongyang^{1,2}, DONG Guanpeng^{1,2}, ZHANG Hang¹, MIAO Changhong^{1,2}

(1. Key Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development & Collaborative Innovation Center of Yellow River Civilization, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China; 2. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China)

Abstract: Based on 1 243 novel coronavirus pneumonia individual cases collected in Henan province and a suite of exploratory spatial data analysis techniques, this paper analyzed the spatio-temporal spread characteristics of the 2019 novel coronavirus pneumonia at the county spatial scale, focusing on total counts, imported cases from Wuhan or Hubei province, and local diffusion/spread ratio. We further evaluated the risk of 2019 novel coronavirus pneumonia faced by each county after the Spring Festival based on population movement. The epidemic situation of COVID-19 in Henan Province has experienced a process of occurrence, rapid development and stable development, at present, the "S" curve of the total number of cases and diffusion ratio has been shown. In addition, the total counts and imported cases of novel coronavirus pneumonia presented significant spatial clustering patterns, with high values mainly distributed in the districts/counties of Xinyang and some districts/counties of Nanyang, Zhumadian and Zhengzhou cities. This likely reflects the potential geographical and network proximity effects. In contrast, the districts/counties with high local diffusion are spatially dispersed due to the fact that most of infected cases were of family-agglomeration diffusion. Considering the influences of population movement, the relative risk associated with population inflow and outflow was found higher in

致谢:河南大学黄河文明与可持续发展研究中心的研究生韩叶青、齐莹和任浩敏在病例搜集和信息提取方面做了大量工作,在此表示感谢。

收稿时间:2020-02-13;修回时间:2020-03-22

基金项目:国家自然科学基金项目(41430637、41701129);河南省重点研发与推广专项软科学研究项目(192400410253);河南省教育厅科学技术研究重点项目(18A170005);河南省博士后科学基金项目

作者简介:刘勇(1985—),男,河南遂平人,讲师,硕士生导师。主要研究方向为空间数据科学与区域发展。E-mail:liuyongsp@126.com。

※通讯作者:苗长虹(1965—),男,河南鄢陵人,教授,博士生导师。主要研究方向为经济地理与区域发展。E-mail:chhmiao@henu.edu.cn。

the core urban areas of Xinyang city and surrounding counties, as well as the core urban areas of Anyang, Zhengzhou, Xuchang and Pingdingshan cities. Finally, some strategic suggestions on the prevention and control of epidemic diseases were proposed based on our key findings.

Keywords: SARS-CoV-2; COVID-19; spatial and temporal characteristics; risk of population movement; Henan Province

当前新型冠状病毒(SARS-CoV-2)引发的肺炎疫情(COVID-19)已经扩散至全球几乎所有国家和地区,已经形成一次新的全球性“国际公共卫生突发事件(PHEIC)”^[1],2月28日,世界卫生组织将2019新型冠状病毒的全球传播风险和影响风险级别上调为“非常高”^[2]。截至3月18日24时,据31个省(自治区、直辖市)和新疆生产建设兵团报告,我国现有确诊病例7 263例,累计治愈出院病例70 420例,累计死亡病例3 245例,累计报告确诊病例80 928例,现有疑似病例105例。累计追踪到密切接触者683 281人,尚在医学观察的密切接触者9 144人^[3]。此次疫情对我国经济和社会发展造成了巨大的影响,引发了国家、各级地方政府以及社会各界的高度重视。

目前相关的研究可以大致分为四类。第一类是关于新冠肺炎的医学研究^[4-8]。这些文章详细地介绍了新冠肺炎的临床症状、发病周期、主要症状以及诊断治疗,并对病例的结构特征进行了统计^[5,9]。第二类是关于新冠肺炎的病毒学的研究。主要报告了新冠病毒的基因测序,如Zhou P等的研究显示,此次新冠病毒基因测序与SARS冠状病毒有79.5%的序列一致^[6],这类研究成果为针对性疫苗的研制提供了基础。第三类是关于新冠肺炎的流行病学研究。主要是依据公布数据对此次疫情进行流行病学建模(如SEIR^[9],T-SEIR^[10]等)分析、预测疫情的走向。其中一个主要的工作是统计新冠病毒的潜伏期^[11],估算基本再生数 R_0 ,大多数文章得出该值在2~3之间^[9,12-14]。第四类是关于新冠肺炎时空特征的统计及其社会影响分析^[10,15-18]。如王沛等利用河南省2020年1月21日至2月11日期间确诊的1 105例新型冠状病毒肺炎统计分析了病例性别和年龄分布、潜伏期问题、各地市确诊病例与武汉旅行史和接触史的关系、就诊医院及聚集性爆发现象等问题^[16]。顾朝林等采集了中国国家卫生健康委员会和联合国世界卫生组织(WHO)公开数据(2020年1月20日—2月14日),通过数据建模和预测认为新冠肺炎疫情拐点或已经出现,新增确诊病例零增长指日可待,疫情不会对大中华(含港澳台,不包括湖北)地区经济和社会造成巨大影响^[17]。中

国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制流行病学组^[18]对中国内地报告72 314例病例进行了流行病学特征分析,认为新冠肺炎传播流行迅速,随着人们返回工作岗位,需积极应对可能出现的疫情反弹。沙沅等^[10]通过对深圳市输入性新冠肺炎的仿真建模,分析了人口迁移与复工时间对深圳市新冠肺炎疫情的影响。随着相关研究的不断发表,社会各界对于此次新冠肺炎的病毒特征、医学特征及疫情发展趋势有了更为清晰的认知。这些研究大多是基于病例数据时间序列上的研究,缺乏对于病例空间特征的探讨。研究尺度上,大多研究在省、市尺度上分析了病例数量的时间和空间的分布,缺乏更为精细尺度的探讨,因而对于区县尺度上的差异化的疫情防控指导性较弱。

我国采取了“统筹、分类、协作”的抗击疫情系统方案^[19],在自上而下的统筹安排下,各级地方政府统筹分配管理医疗物资等重要战略资源,科学研判疫情发展态势及评估风险类型^[20],经过政府、组织及个人的全社会积极协作,目前我国的疫情态势已经得到有效的控制,自2020年2月18日起,全国新增治愈病例超过了新增确诊病例,自2020年2月28日起,累计治愈出院病例超过了现有确诊病例。Tian HY等^[21]研究也表明武汉出行禁令和国家紧急响应推迟了疫情增长,最终限制了COVID-19疫情的规模。河南省与湖北省相邻,且社会经济联系密切,河南省此次新冠肺炎疫情也较为严重,截至3月18日24时,河南省累计报告新冠肺炎确诊病例1 272例,累计死亡病例22例,累计出院病例1 250例,其中确诊病例位列湖北、广东之后,排全国第三位。同时,河南省作为全国第一人口大省,素有“九州腹地、十省通衢”之称,是全国重要的综合交通枢纽和人流物流中心,在全国的疫情防控中也具有举足轻重的战略意义。此外,河南省也是全国较早采取严格疫情防控措施的省份之一,除了2月26日新增1例境外输入病例外,从2月23日起,省内新增病例持续为零,疫情防控效果显著。因此,基于病例个体数据,系统分析此次河南省疫情的输入、扩散发展和下降过程,研究病例的性别及年龄构成特征,检验区县尺度上的病例分布空间集聚特征,并

进一步评估由于人口流动所引致的潜在风险,能够为其他区域提供疫情研判的案例经验,同时为地方政府科学地划分疫情风险等级,明确分级分类的防控策略提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 数据来源

基于河南省及各地市卫健委、河南日报微信公众号等发布的疫情通告,本文搜集了截止到3月18日24时河南省各地市1 258个确诊病例的数据,提取了个体病例的年龄、性别、公布城市、初诊日期、确诊日期等信息,对病例是输入性(有外省旅居史携带病毒入省的病例)还是扩散性(当地被感染型病例)进行了人工甄别,计算了扩散比(diffusion ratio)(累计扩散性数量/累计输入性数量)等指标,并根据描述信息对病例进行了地理编码。由于2月26日以后没有新增病例,因此下文的时序分析时间段为1月21日至2月26日。除去缺失关键信息的15例病例,本文最终有效病例为1 243例。

本文分析河南省新冠肺炎疫情的空间分布特征的尺度为区县。需要特别说明的是,由于部分地市发布的信息中缺乏各区县累积确诊人数的数据,加上一些园区型的单元需要归并到其所在或相邻的行政单元上,故统计得到的各区县的确诊人数会与地方实际的确诊病例数有一定出入。其中,洛阳市高新区归入涧西区;周口市经开区和城乡一体化示范区归入川汇区;许昌市东城区和开发区归入魏都区;焦作市示范区归入山阳区;三门峡城乡一体化示范区归入湖滨区;商丘市示范区归入梁园区;驻马店市开发区归入驿城区。由于部分病例来自湖北省等外地,无河南省常住位置信息,或者病例信息无法确认行政归属,无法与区县行政单元匹配,在数据分析中没有包含这些病例。

人口流动是疫情扩散的关键因素。由于数据限制,本文用2018年常住人口和年末户籍人口的差来表征各区县的人口流动规模,用人口流动规模占常住人口的比重即人口流动比率来表征人口流动水平。若人口流动比率为负,其常住人口小于户籍人口,意味着春节前人口呈现流入,而春节后人口将流出;反之,则为春节前人口呈现流出情况,春节过后人口将流入。

1.2 空间自相关检验方法

1.2.1 全局空间自相关检验。

全域空间相关性通常采用Moran's I 进行测度,

其计算公式为:

$$Moran's I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (i \neq j) \quad (1)$$

式中: n 表示河南省区县个数; w_{ij} 为空间权重矩阵,考虑到此次新冠肺炎为近距离传播,所以本文选用地理距离空间权重矩阵,即 w_{ij} 表示 i 区县和 j 区县中心距离倒数; x 为各区县病例数量; \bar{x} 为所有区县病例数量均值。

1.2.2 局部自相关检验

全局空间指标可以反映河南省新冠肺炎病例的整体空间集聚状态,但可能会忽略局部地区的非典型性特征,这在一定程度上掩盖了局部状态的不稳定性,对于研究范围内局部空间异质性刻画不足。因此,采用Local Moran's I 指数对河南省各区县病例数量的局部分异性特征进行检验。其计算公式如下:

$$Local Moran's I = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^m w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (i \neq j) \quad (2)$$

式中:各变量同式(1)。

1.3 人口流动影响下的相对风险系数

人口流入,则可能引起本地疫情风险的增加;而人口流出,尤其是重点疫区的人口流出,则可能引致外部传播的风险。因此,依据公式3和4分别测算人口流入和流出分别对内、外部影响的相对风险系数。

$$RR_i = \begin{cases} I & P < 0 \\ I \times (1 + P) & P \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$RR_o = \begin{cases} I & P > 0 \\ I \times (1 - P) & P \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中: I 为发病率; P 为人口流动比率; RR_i 为人口流入对本地所致的相对风险系数; RR_o 为人口流出对外部所致的相对风险系数。

2 河南省新冠肺炎疫情时空扩散特征

2.1 河南省确诊病例发展过程及空间集聚特征

基于logistic增长曲线拟合显示图1,从2020年1月21报告首例确诊病例以来,河南省疫情的发展经历了发生、迅速发展和趋于稳定的过程,整体疫情的增长速率为0.37。病例总量自2月23日到达高值(1 271例)后,除2月26日新增1例境外输入性

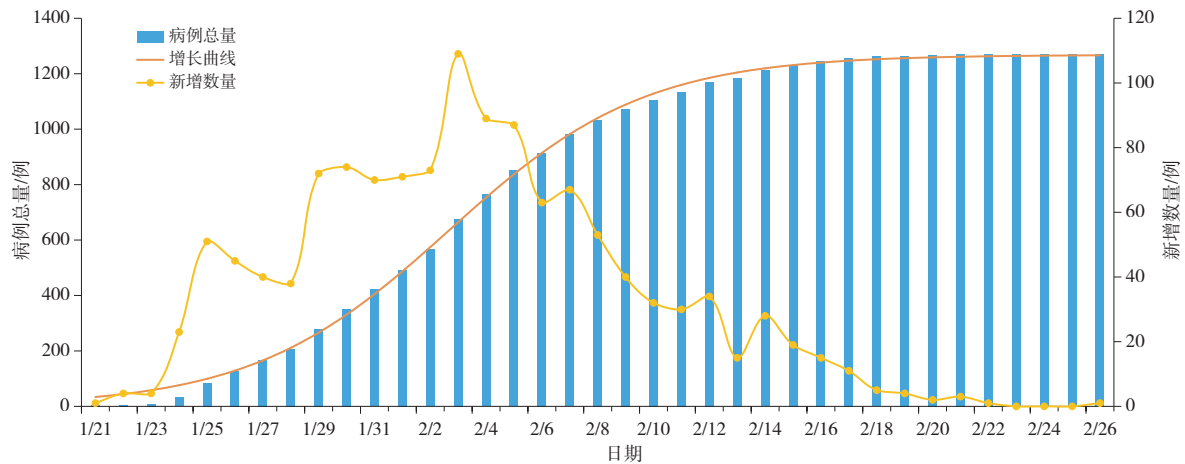


图1 河南省病例总量及每日新增病例发展过程

Fig.1 Daily trends of the cumulative counts and the number of newly confirmed cases of COVID-19 in Henan Province

病例外,再无省内传播的新增病例。新增病例也在2月3日到达顶峰109例,之后呈持续下降趋势,至2月23日下降为零。根据统计,确诊病例中,男女占比分别为54%和46%,男性占比高于女性。依据我国年龄划分标准,将年龄划分为童年(2~6岁)、少年(7~17岁)、青年(18~40岁)、中年(41~65岁)和老年(66岁以上)五个年龄段。确诊病例多为青年(37%)和中年(49%),老年占比9%,童年和少年占比均低于3%。

—高集聚区主要分布于信阳市的大部分区县(除了淮滨县和固始县),驻马店市靠近信阳的确山县和正阳县,南阳市的新野县、宛城区、镇平县和社旗县,郑州市的管城回族区。高一低值聚类的区县为郑州的巩义市、洛阳的涧西区、新乡的辉县市、焦作的山阳区、安阳的文峰区、濮阳的华龙区。低—高聚类区为信阳市淮滨县,郑州惠济区和新郑市。低—低聚类区域分布于洛阳市、济源市、焦作市、开封市及新乡市的东部。事实上,根据各区县病例数值统计结果,数量较多的区县也多为上述高一—高和高—低集聚区域。总的来说,病例总量的分布遵循与湖北省的地理邻近和网络邻近特征。

2.2 输入性与扩散性病例发展过程与空间集聚特征

图3展示了2020年1月21日至2月26日河南省新增输入性和扩散性病例数量的变化。截止到2月26日,河南省输入性病例共计668例,扩散性为575例。新增输入性患者的数量在1月31日到达最高点54例后呈连续下降趋势,意味着河南省在阻断新冠病毒输入方面成效显著。扩散性病例数量在2月3日到达52例的最高值后,同样呈逐日下降趋势。扩散性病例的高值日期比输入性病例高值日期推后了4天。统计结果显示,其中,输入性病例以男性为主(59%),高于女性比例近20个百分点,而扩散性病例女性比例为52%。输入性病例青年(50%)和中年(44%)占据比例较高,扩散性病例也是中年(53%)居多,青年(25%)次之。不容忽视的是,通过扩散被传染的老年比例达到了16%,数量共计为92例。

河南省区县输入性与扩散性病例的全局 Mo-

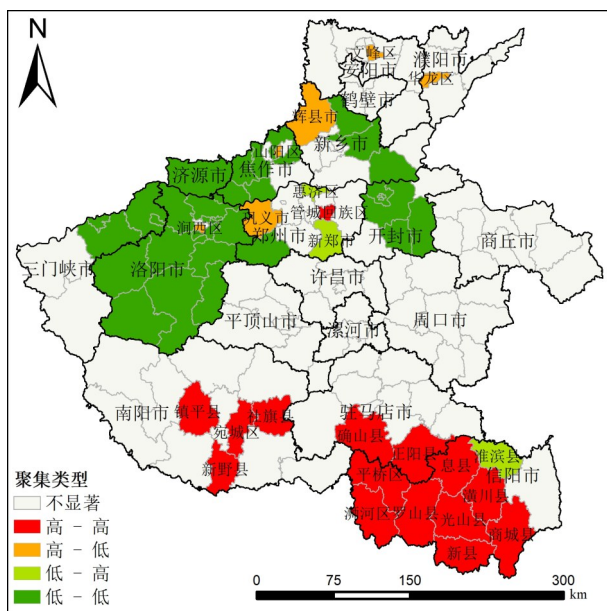


图2 河南省各区县新冠肺炎疫情空间集聚

Fig.2 Spatial clustering patterns of COVID-19 at the county scale in Henan Province

河南省区县病例总量的全局 Moran's I 指数为 0.25 ($P=0.0001$),表明河南省病例在空间上存在显著的集聚特征。从局部空间集聚图(图2)来看,高

ran's I 指数分别为 0.27 ($P=0.0000$) 和 0.15 ($P=0.0149$), 表明输入性与扩散性病例均存在显著的空间自相关性。从图 4a 可以看到, 与病例总量的集聚分布特征基本一致, 河南省输入性病例的高一高集聚区主要分布在信阳市的大部分区县(新县和固始县除外), 驻马店南部的确山、正阳、新蔡、汝南、平舆 5 县, 南阳的新野县和卧龙区, 郑州的新郑市、中原区、管城回族区和惠济区。输入性病例的空间集聚分布同样遵循与湖北省地理邻近和网络邻近的特征。事实上, 在武汉市宣布“封城”的第一天(1 月 23 日), 百度迁徙数据显示, 2.77% 的武汉人流向了河南省, 主要的流入城市为信阳、南阳、驻马店、周口、商丘、漯河。

相比于病例总量和输入性病例的空间集聚状态, 扩散性病例的高一高集聚区范围明显缩小, 分布于信阳市的商城县、光山县、潢川县、罗山县、浉河区和平桥区, 驻马店市的确山县, 南阳市宛城区。高一低集聚区包括濮阳市华龙区, 新乡市辉县市、卫辉市、长垣市, 洛阳市洛龙区。

2.3 病例扩散比发展过程与空间分布特征

图 5 显示了河南省输入性、扩散性病例占比及扩散比的变化趋势。从输入性占比来看, 河南省及早启动的严格疫情防控措施取得了非常良好的效果, 累积输入性占比自 1 月 26 日之后呈稳定下降趋势, 到 2 月 26 日, 该指标下降到 54%。扩散比呈持续上升趋势, 截止到 2 月 26 日, 该指标值为 0.86, 也

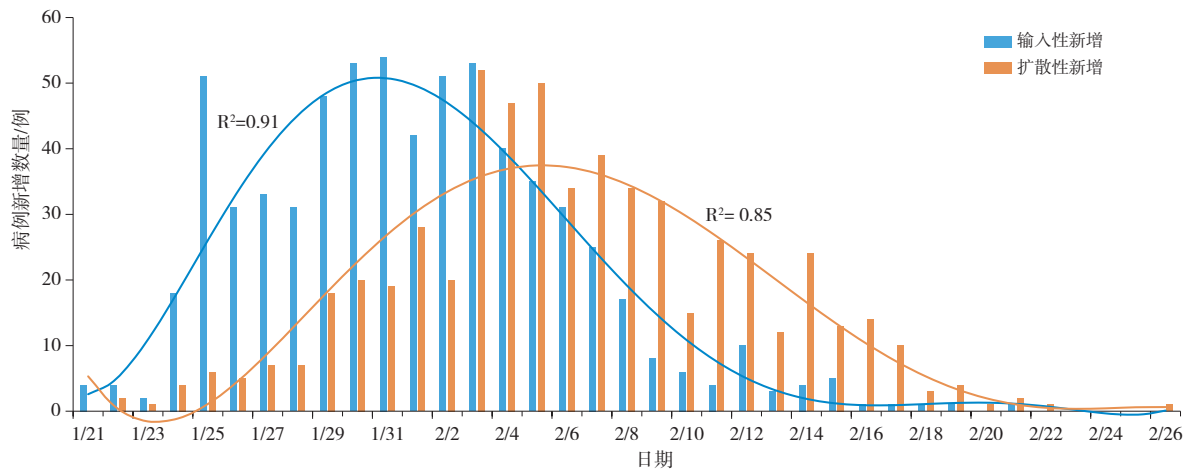


图3 河南省新增输入性和扩散性病例数量

Fig.3 Daily trends of imported and locally diffusion cases of COVID-19 in Henan Province

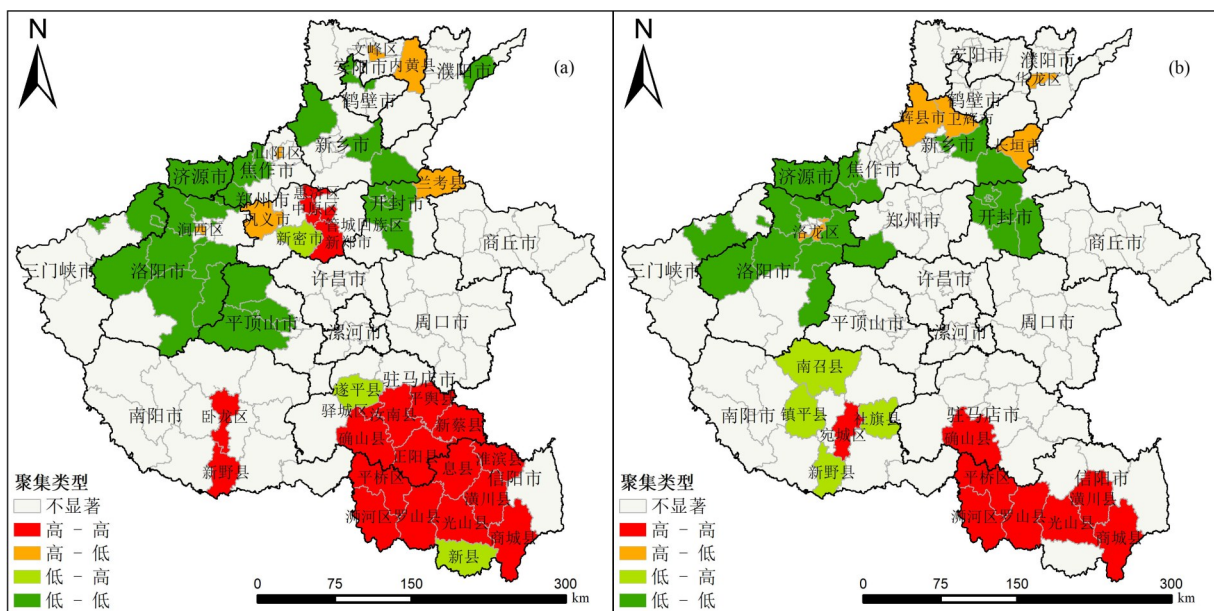


图4 河南省各区县输入性(a)和扩散性(b)新冠肺炎疫情空间集聚

Fig.4 Spatial clusters of imported (a) and locally diffusion cases (b) of COVID-19 in Henan Province

就是说输入性患者平均每个人传染了0.86个本地人。因此,图5扩散比曲线结合图1病例总量和图3输入性和扩散性病例数量的发展趋势来看,河南省此次新冠肺炎疫情已经处于稳定期,病例总量和扩散比的“S”型曲线已经呈现。

从扩散比的空间分布(图6)来看,河南省各区县的扩散比并未与病例总量和输入性病例呈现很好的一致性。扩散比的高值(>2.43)分布于平顶山市湛河区,周口的项城市、商水县、郸城县,南阳市卧龙区、南召县、桐柏县,商丘市睢阳区、柘城县、虞城县,新乡长垣市,郑州市中牟县,焦作市武陟县、解放区,鹤壁市鹤山区,安阳市文峰区。值得说明

的是,扩散比与该区域的输入性病例的基数有较大关系。从理论上讲,在严格疫情防控措施下,各区县的扩散比与本地居民的防范意识、生活方式、家庭规模等因素有关。通过仔细研究该区域的病例信息后发现,扩散比较高的区县,多数为家庭集聚性扩散病例。如长垣市10例扩散性病例来源于4个家庭,项城市7例扩散性病例来源于2个家庭,均为集聚性扩散。

3 基于人口流动的河南省疫情风险分析

3.1 人口流动下河南省区县疫情风险

基于数据来源一节人口流动计算的说明,本文

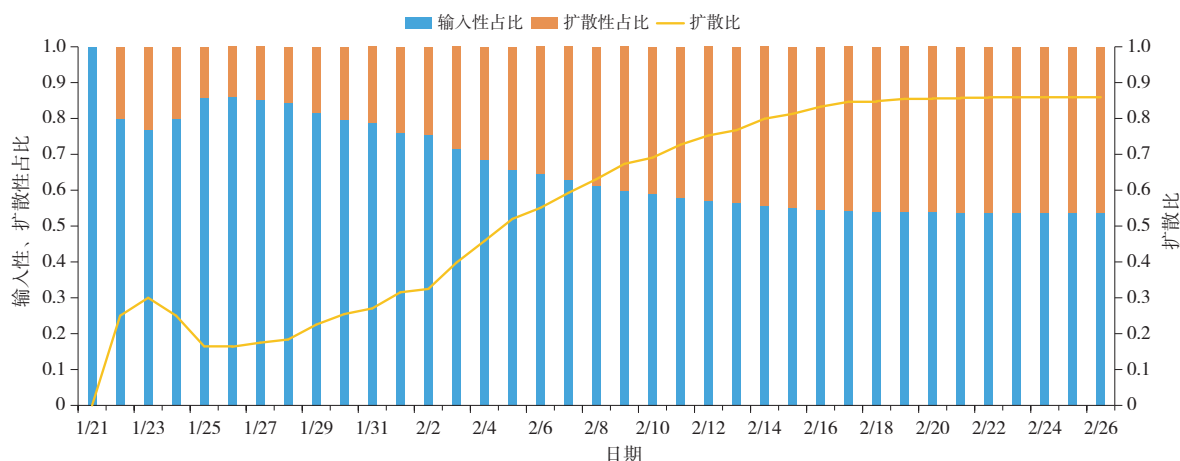


图5 河南省输入性、扩散性病例占比及扩散比变化

Fig.5 Daily trends in the proportions of imported and locally diffused cases and the diffusion ratio in Henan Province

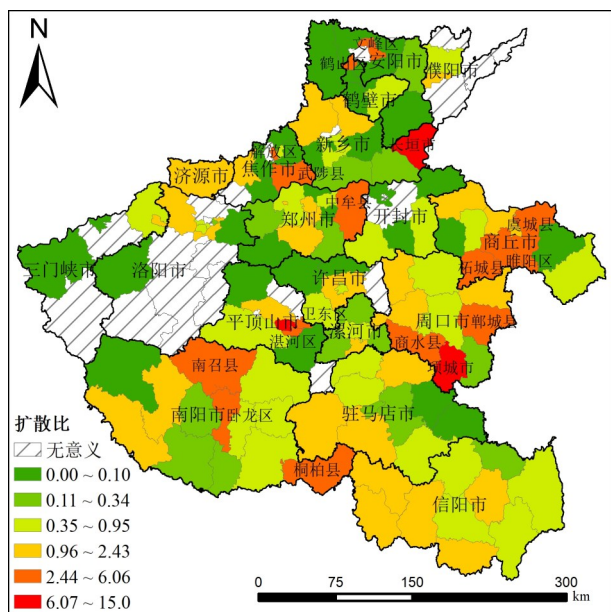


图6 河南省各区县扩散比空间分布

Fig.6 Spatial distributions of the diffusion ratio for districts/counties in Henan Province

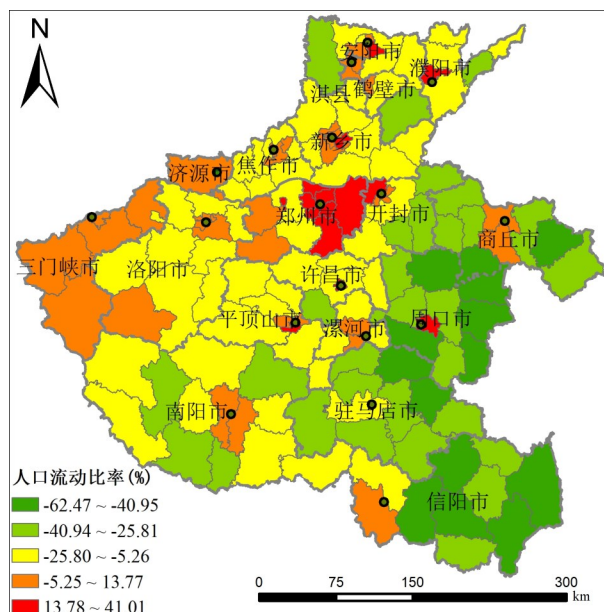


图7 河南省区县人口流动比率空间分布

Fig.7 Spatial distributions of population mobility ratio of districts/counties in Henan Province

得到了河南省各区县人口流动比率分布图(图7),中心城市的主城区及周边,尤其是郑州市主城区及周边县市,人口呈现净流入;东南部大部分区县,人口为净流出。河南省作为农业农村大省,大量外出务工的劳动力来自南部和东部的广大农区。其中,人口流动比率最高的是郑州市管城区,流入人口占常住人口的41.01%,其次是二七区和金水区,分别占其常住人口的36.05%和34.02%。东南部大部分区县,人口流动比例为比较大的负值,是潜在的人口大规模外流比较集中的地区。

依据式(3)和式(4)计算得出各区县的相对风险系数并进行可视化(图8),可以看到,人口流入情况下,本地相对风险最高的前5个县区依次是平顶山市新华区、信阳市罗山县、信阳市浉河区、安阳市文峰区和信阳市光山县(图8a);人口流出情况下,对外部影响相对风险最高的前5个县区依次是信阳市罗山县和光山县、平顶山市新华区、信阳市浉河区和平桥区(图8b)。总体来看,信阳市主城区及周边县,安阳、郑州、许昌、平顶山等市主城区,人口流入和流出所引致的相对风险都较高。

3.2 区县疫情风险基本类型划分

确诊病例多的地区,其潜伏期病例、疑似病例也较多,发病率高,疫情潜在风险大。结合确诊病例数和人口流动相对风险系数的组合关系,对各区县风险类型进行划分。根据数据分布特点,拟定的划分类型及标准见表1。需要说明的是,疫情风险的划分与动态风险调整具有较强的时效性,因此,

本文选取河南省此次疫情下降期的两个时间断面对比进行分析。

表1 考虑确诊病例与人口流动的风险类型划分标准
Tab.1 Assessment criteria for epidemic risk type categorization

类型	确诊病例(人)	人口流动
高风险人口流入区	≥ 16	人口流入
高风险人口流出区	≥ 16	人口流出
中风险人口流入区	6~15	人口流入
中风险人口流出区	6~15	人口流出
低风险区	≤ 5	-

河南省人口流动疫情风险类型及空间分布图(2020年2月13日)(图9)表明,高风险人口流入区主要分布在郑州、安阳、许昌、平顶山、商丘、信阳和南阳的主城区,共包含8个区级行政单元,分别为郑州市金水区和二七区,安阳市文峰区,许昌市魏都区,平顶山市新华区,商丘市梁园区、南阳市宛城区和信阳市浉河区。高风险人口流出区主要集中在信阳市和南阳市,另外有驻马店市的驿城区和正阳县、商丘市的柘城县。中风险人口流入区分布于13个县区,具体为郑州市中原区、管城回族区、惠济区、巩义市和新郑市,洛阳市瀍河回族区和涧西区,平顶山市卫东区,鹤壁市淇滨区,焦作市解放区和山阳区,濮阳市华龙区和周口市川汇区。中风险人口流出区主要集中在东南部周口、商丘、驻马店和南阳的大部分县。西北部大部分县为低风险区。

3.3 区县疫情风险动态调整

2月14日—2月18日,河南省累计新增确诊病

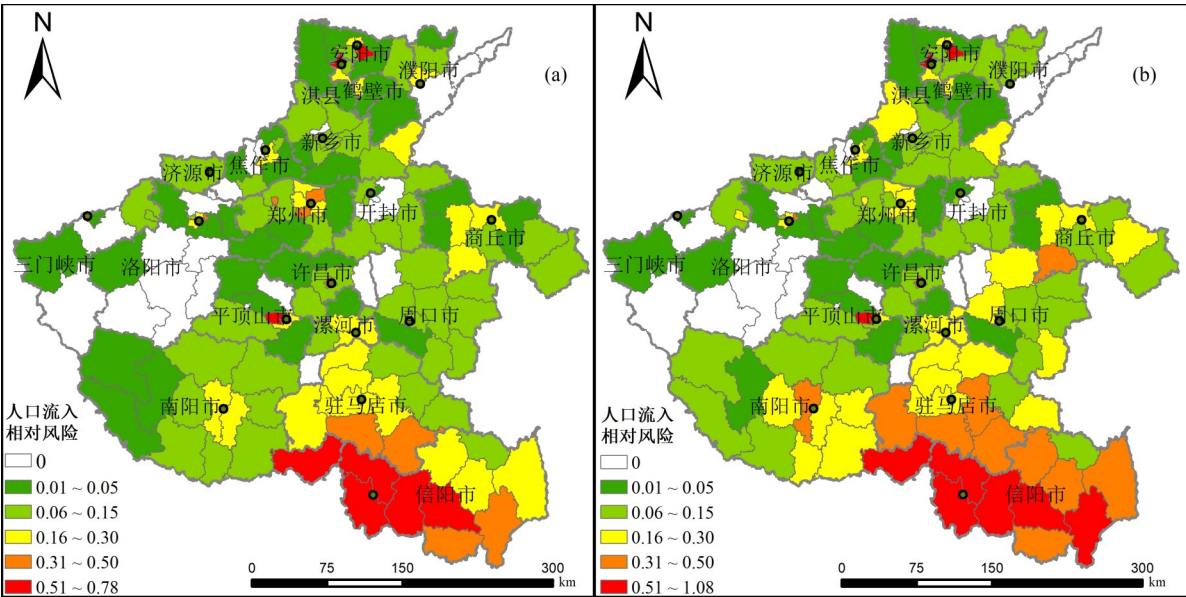


图8 人口流入(a)和人口流出(b)引致的河南省区县相对风险
Fig.8 Relative risks of districts/counties associated with population inflow (a) and outflow (b) in Henan Province

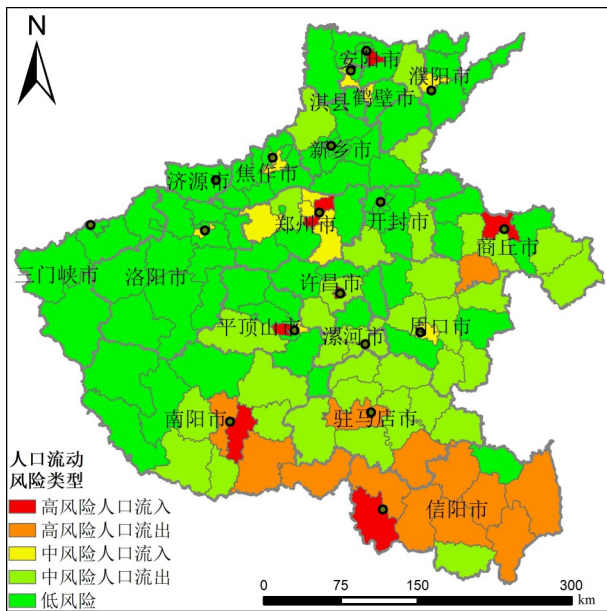


图9 河南省人口流动疫情风险类型及空间分布(2020/2/13)
Fig.9 Spatial distribution of epidemic risk types in Henan Province(2020/2/13)

例共78例,各地疫情防控取得重要进展,新增病例普遍有大幅度下降,疫情风险发生一定变化。2020年2月18日0—24时,河南省新增确诊人数已经下降到个位数的水平。因此,有必要根据疫情形势,对各区县疫情风险类型进行调整,以更好地统筹疫情防控和社会经济秩序的恢复。基于表1的风险类型划分标准,根据5日来河南省各区县新增确诊病例情况,对风险等级进行调整。调整依据为,以2月13日的风险类型划分为基础,对于高、中风险区,若近5日累计新增确诊病例不超过1例,则下调一个风险等级;低风险区新增确诊病例不超过1例,则保持风险等级不变。若近5日累计新增确诊病例达到2个及其以上,则高风险区不变,中、低风险区则分别调高一个风险等级。

依据上述规则,图10显示了2020年2月18日河南省各区县疫情风险变动情况(相比于2020年2月13日)。其中,高风险下调为中风险包含12个区县,中风险下调为低风险包含46个区县,维持低风险不变的有84个区县,维持高风险不变的有9个区县。值得注意的是,有5个区县的风险等级从低风险上调为高风险,分别是濮阳市华龙区、项城市、方城县、荥阳市、新县;有2个县从低风险上调为中风险,分别为南乐县和上街区。

4 结论与建议

4.1 结论

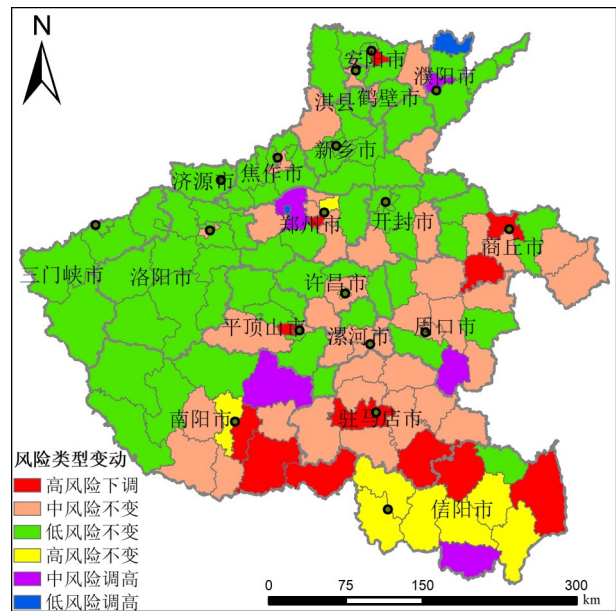


图10 2020年2月18日河南省各区县疫情风险变动图
(相比于2020/2/13)
Fig.10 Spatial distribution in the changes of epidemic risk categories for districts/counties in Henan Province (2020/2/18 versus 2020/2/13)

本文搜集了河南省1243例新冠肺炎的病例数据,利用探索性数据分析方法,从病例总量、输入性扩散性病例数量以及扩散比三个维度探究了河南省新型冠状病毒肺炎的时空扩散过程,进一步基于人口流动评估了各个区县春节过后疫情风险。研究发现:

①河南省新冠病毒疫情经历了发生、迅速发展和趋于稳定的发展过程,整体疫情增长速率为0.37,目前病例总量和扩散比的“S”型曲线已经呈现。

②河南省病例总量、输入性扩散性病例均呈现显著的空间集聚特征,其中病例总量与输入性扩散性病例高一集聚区主要分布于信阳大部分区县,南阳、驻马店、郑州部分区县,遵循与湖北省地理邻近和网络邻近的特征。

③扩散比较高的区县为分散分布,且大多为家庭式集聚性扩散。

④在人口流动的影响下,截止到2020年2月13日,高风险人口流入区集中分布在郑州、安阳、许昌、平顶山、商丘、信阳和南阳等市主城区;高风险人口流出区主要集中在信阳市周边区县、驻马店市驿城区和商丘市柘城县。

⑤随着疫情的发展,需要及时评估疫情动态,并兼顾人口流动风险进行动态疫情风险划分,以便

及时有效地指导区域疫情的防控与经济社会秩序恢复。

4.2 建议

依据当前河南省疫情实际情况、发展态势与复工复产的实际需要,综合考虑人口流动等因素,一方面,疫情防控仍处于紧要关头,要严格按照国家相关标准、政策开展更加精准的工作,坚持“内防扩散、外防输入”防控策略,一是优化检测流程,强化完善疫情的监测、预检和治疗流程机制。二是扎实做好基础医疗保障准备工作。三是落实疫情防控责任,加强防病知识普及宣传,引导公众做好个人防护。另一方面,坚持严防严控与复工复产相结合。依据区域疫情风险等级,一是制定合理的企业复工复产审批流程。二是依据员工的来源,制定不同的返岗复工人员入职手续。三是在加强监管的同时,提高对于复工企业的服务保障,为企业复工复产和员工安全便捷返岗创造良好环境。四是整合区域资源,优化区域内部供应链,积极帮助企业解决用工、原材料、资金、设备等方面的困难和问题。

参考文献:

- [1] 邓圩,廖丹. 世界卫生组织将新型冠状病毒疫情列为 PHEIC [EB/OL]. 人民网-国际频道, <http://world.people.com.cn/n1/2020/0131/c1002-31565617.html>, 2020-01-31.
- [2] 世界卫生组织. 世卫组织总干事 2020 年 2 月 28 日在 2019 冠状病毒病疫情媒体通报会上的讲话 [EB/OL]. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report>, 2020-02-28.
- [3] 卫生应急办公室. 截至 2 月 18 日 24 时新型冠状病毒肺炎疫情最新情况 [EB/OL]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会网站, <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/202002/8f2cfd17f4c040d89c69a4b29e99748c.shtml>, 2020-02-19.
- [4] Del Rio C, Malani P N. 2019 Novel coronavirus-important information for clinicians [J/ol]. JAMA, 2020, doi: 10.1001/jama.2020.1490.
- [5] Chen N, Zhou M, Dong X, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study [J/ol]. The Lancet, 2020, DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.
- [6] Zhou P, Yang X-L, Wang X-G, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin [J/ol]. Nature, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>.
- [7] Guan W-J, Ni Z-Y, Hu Y, et al. Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China [J/ol]. medRxiv, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.02.06.20020974>.
- [8] Chen H, Guo J, Wang C, et al. Clinical characteristics and intra-uterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records [J/ol]. The Lancet, 2020, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30360-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30360-3).
- [9] Wu J T, Leung K, Leung G M. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study [J/ol]. The Lancet, 2020, DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30260-9.
- [10] 沙洋,尹凌,王如心,等. 深圳先进院等利用大数据分析人口迁移与复工时间对深圳市新型冠状病毒感染肺炎疫情影响 [EB/OL]. 中科院深圳先进院公众号, https://mp.weixin.qq.com/s/_CJIHOotREqUmNf-ikX19A, 2020-02-18.
- [11] Backer J A, Klinkenberg D, Wallinga J. Incubation period of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections among travellers from Wuhan, China, 20-28 January 2020 [J]. Eurosurveillance, 2020, DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.5.2000062.
- [12] Li Q, Guan X, Wu P, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia [J]. New England Journal of Medicine, 2020, DOI: 10.1056/NEJMoa2001316.
- [13] Tang B, Wang X, Li Q, et al. Estimation of the Transmission Risk of the 2019-nCoV and Its Implication for Public Health Interventions [J]. Journal of Clinical Medicine, 2020, DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9020462>.
- [14] Zhao S, Musa S S, Lin Q, et al. Estimating the Unreported Number of Novel Coronavirus (2019-nCoV) Cases in China in the First Half of January 2020: A Data-Driven Modelling Analysis of the Early Outbreak [J]. Journal of Clinical Medicine, 2020, DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9020388>.
- [15] Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China [J]. The Lancet, 2020, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5).
- [16] 王沛,陆君安. 河南 1105 例新冠肺炎数据告诉我们什么? [EB/OL]. 集智俱乐部公众号, https://mp.weixin.qq.com/s/sv07R8HQXX2U0QOis_dOwg, 2020-02-13.
- [17] 顾朝林,朱杰,孙一飞,等. URP 新编 | 新冠肺炎疫情拐点或已越过 [EB/OL]. 城市与区域规划研究公众号, <https://mp.weixin.qq.com/s/TdOyvk9an7sdiugEWD8oyA>, 2020-02-15.
- [18] 中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制流行病学组. 新型冠状病毒肺炎流行病学特征分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(2): 145-151.
- [19] Zhao W W, Zhang J Z, Meadows M E, et al. A systematic approach is needed to contain COVID-19 globally [J]. Science Bulletin, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.03.024>.
- [20] 新华社. 国务院联防联控机制印发《关于科学防治精准施策分区分级做好新冠肺炎疫情防控工作的指导意见》 [EB/OL]. 中华人民共和国中央人民政府网站, http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/18/content_5480514.htm, 2020-02-18.
- [21] Tian H, Liu Y, Li Y, et al. The impact of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China [J]. medRxiv, 2020, 2020.01.30.20019844.