

流行病学调查

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002586

广东省 COVID-19 疫情的空间流行病学分析

李清清, 高 铭, 郑沾福, 胡 维

(广东医科大学公共卫生学院流行病与卫生统计学教研室, 东莞 523808)

【摘要】目的:基于地理信息系统,探索广东省新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019, COVID-19)的空间分布特征及社会因素对疫情流行程度的影响。**方法:**收集广东省报告病例信息,探索其发病重心轨迹的迁移情况、空间相关性;通过地理加权回归模型探索人口密度、人均国内生产总值、同期内人口迁入指数和市内出行强度这 4 个社会因素对 COVID-19 流行程度的影响。**结果:**至截止日,广东省累计报告确诊病例 1 331 例,新增病例流的重心轨迹始终在珠三角地区迁移。自 2 月 2 日,COVID-19 存在显著的空间聚集性。社会因素对 COVID-19 流行具有正相关关系。**结论:**广东省 COVID-19 疫情虽然存在空间聚集性,但是高发聚集区较少且局限在珠三角地区。此外,人均国内生产总值、人口流入指数及市内出行情况这 3 个社会因素对珠三角地区疫情的影响较大。

【关键词】新型冠状病毒肺炎;重心轨迹;空间自相关;地理加权回归

【中图分类号】R511

【文献标志码】A

【收稿日期】2020-03-18

作者介绍:李清清, Email: liqing0752@163.com,

研究方向:疾病预防与控制。

通信作者:胡 维, Email: huw1991@hotmail.com。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20200624.1711.005.html>
(2020-06-28)

with pneumonia in China[J]. N Engl J Med, 2020, 382(8): 727-733.

[5] Xu X, Chen P, Wang J, et al. Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission[J]. Sci China Life Sci, 2020, 63(3): 457-460.

[6] Liu W, Zhou X, Yu F, et al. Arg972 Insulin receptor substrate-1 is associated with decreased serum angiotensin-converting enzyme 2 levels in acute myocardial infarction patients: in vivo and in vitro evidence[J]. Cardiovasc Diabetol, 2013, 12(1): 151.

[7] Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China[J]. Lancet, 2020, 395(10223): 497-506.

[8] 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]. Lancet, 2020, 395(10223): 507-513.

[9] Xu J, Wang A, Liu L, et al. The de winter electrocardiogram pattern is a transient electrocardiographic phenomenon that presents at the early stage of ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Clin Cardiol, 2018, 41(9): 1177-1184.

[10] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2015, 38(8): 675-690.

[11] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南(2019)[J]. 中华心血管病杂志, 2019, 47(10): 766-783.

[12] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会.

急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2010, 38(8): 675-690.

[13] Hamming I, Timens W, Bulthuis MLC, et al. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis[J]. J Pathol, 2004, 203(2): 631-637.

[14] Epelman S, Shrestha K, Troughton RW, et al. Soluble angiotensin-converting enzyme 2 in human heart failure: relation with myocardial function and clinical outcomes[J]. J Card Fail, 2009, 15(7): 565-571.

[15] Ortiz-Pérez JT, Riera M, Bosch X, et al. Role of circulating angiotensin converting enzyme 2 in left ventricular remodeling following myocardial infarction: a prospective controlled study[J]. PLoS One, 2013, 8(4): e61695.

[16] Soro-paavonen A, Gordin D, Forsblom C, et al. Circulating ACE2 activity is increased in patients with type 1 diabetes and vascular complications[J]. J Hypertension, 2012, 30(2): 375-383.

[17] Liu B, Yan H, Guo R, et al. The basic social medical insurance is associated with clinical outcomes in the patients with ST-elevation myocardial infarction: a retrospective study from Shanghai, China[J]. Int J Med Sci, 2014, 11(9): 905-917.

[18] 疾病预防控制局. 关于印发新型冠状病毒感染的肺炎疫情紧急心理危机干预指导原则的通知[EB/OL]. (2020-01-27) [2020-03-07]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s3577/202001/6adc08b966594253b2b791be5c3b9467.shtml>.

(责任编辑:唐秋珊)

Spatial epidemiological analysis of coronavirus disease 2019 in Guangdong Province

Li Qingqing, Gao Ming, Zheng Zhanfu, Hu Wei

(Teaching and Research Section of Epidemiology and Medical Statistics, School of Public Health, Guangdong Medical University)

[Abstract] Objective: To explore the spatial distribution characteristics of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in Guangdong Province, and to investigate the effect of social factors on the epidemic degree based on geographic information system. **Methods:** Reported case information of COVID-19 in Guangdong Province from January 19 to February 18, 2020 was collected. The migration of epidemic gravity center and the spatial autocorrelation of COVID-19 were explored. Data on four social factors were collected: population density, GDP per capita, population migration index and city travel intensity during the same period. Then, the influence of social factors on the prevalence of COVID-19 was explored by geographically weighted regression model. **Results:** Up to February 18, a total of 1,331 confirmed cases were reported in Guangdong Province and the epidemic gravity center of COVID-19 was always migrating in the Pearl River Delta region. Since February 2, the COVID-19 showed obvious spatial aggregation. A positive correlation was observed between the epidemic of COVID-19 relationship and social factors. **Conclusion:** Although spatial clusters of COVID-19 in Guangdong still exist, high-incidence areas are few and are limited to the Pearl River Delta. In addition, three social factors including GDP per capita, population inflow index and city travel have a greater impact on the prevalence of COVID-19 in Pearl River Delta region.

[Key words] coronavirus disease 2019; gravity center; spatial autocorrelation; geographically weighted regression

2019年12月中下旬,武汉出现不明原因肺炎患者,随后从患者中分离出一种新型冠状病毒(2019 novel coronavirus, 2019-nCoV)^[1]。世界卫生组织将该病毒引起的肺炎命名为新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019, COVID-19)^[2]。据国家卫生健康委员会报告显示,至2020年2月18日,全国累计确诊COVID-19病例74 279例,累计死亡2 006例(包含港澳台地区)。其中,湖北省和广东省确诊病例分别占全国的74.3%和2.76%。1月20日,COVID-19被纳入我国法定乙类传染病,同时采取甲类传染病的防控措施。该病主要由患者人群或隐性感染人群经呼吸道飞沫和接触传播给易感人群,同时可能存在粪-口和母婴传播的风险,与SARS-CoV和MERS-CoV相比传染性更强^[3-4]。截至2020年2月18日,广东省COVID-19确诊病例1 331例,累计死亡5人。广东省作为我国流动人口大省,传染病的防控形势异常严峻。本研究对2020年1月19日至2020年2月18日广东省COVID-19流行的空间特征及其影响因素进行分析,从空间流行病学角度为广东省疫情的防控提供相关的科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

广东省及其21个地级行政区的COVID-19累计病例和新增病例数据来源于广东省及其各个地级市卫生健康委员会2020年1月19日至2月18日的疫情通告,通过R软件

包“nCov2019”(github.com/GuangchuangYu/nCov2019)获取并整理。人口密度及国内生产总值(gross domestic product, GDP)资料来自2019广东省统计年鉴(<http://stats.gd.gov.cn/gdtjnj/index.html>),人口流入指数及市内出行强度来源于百度迁徙指数(<https://qianxi.baidu.com/>)。

1.2 统计分析方法

1.2.1 重心轨迹分析 重心是一个物理学概念,是指空间上的某一点各方向上的受力保持着相对平衡,重心模型则是研究区域发展过程中要素空间变动的重要分析工具。COVID-19新增病例流向和流量这2种要素的变化使得新增病例流的重心位置不断变动,而重心的移动反映了区域疾病发展的空间轨迹。一般使用各次级行政区域的地理坐标和某一属性来计算该属性的“重心”^[5]。本文所研究COVID-19新增病例流重心模型表示为:

$$X_j = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{ij} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n T_{ij}} \quad (1)$$

$$Y_j = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{ij} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n T_{ij}} \quad (2)$$

式中, (X_j, Y_j) 表示 COVID-19 新增病例流第 j 天的重心坐标; T_{ij} 表示第 j 天 i 市的 COVID-19 新增病例人数; (X_i, Y_i) 表示各市域的地理中心坐标。将市域每日新增病例数据和地理坐标数据代入式(1)和式(2),计算出2020年1月19日至2020年2月18日在省域尺度上的 COVID-19 新增病例流重心位置。

1.2.2 空间自相关分析 采用全局空间自相关(全局 Moran's I)和局部空间自相关(局部 Moran's I)来分析广东省 COVID-19 病例分布的空间相关程度。全局 Moran's I 指数用于分析整个研究区域某种地理现象或某一属性值的空间模式,若 $P \geq 0.05$,表明研究对象的空间分布可能是随机分布,即相互独立;若 $P < 0.05$,表明研究对象的分布不是随机的。局部 Moran's I 指数用于反映一个区域单元与邻近区域单元的相关程度,其中, $I > 0$ 表示高-高型(即单元属性值高,相邻单元属性值高)或低-低型(即单元属性值低,相邻的单元属性值低); $I < 0$ 表示高-低型(即单元属性值高,相邻单元属性值低)或低-高型(单元属性值低,相邻单元属性值高)。

1.2.3 地理加权回归分析 基于地理加权回归分析构建以 COVID-19 累计病例为因变量,以人口密度、人均国内生产总值、人口迁入指数和市内出行强度为自变量的空间回归模型,探索社会因素对 COVID-19 暴发的影响。利用地理加权回归反映参数的空间异质性,使得变量间的关系可以随空间位置的变化而变化,具体模型表示为:

$$y_i = \beta_0(\mu_i, \nu_i) + \sum_k \beta_k(\mu_i, \nu_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (3)$$

式中, y_i 表示市域单元 i 的累计确诊病例人数; k 表示模型中自变量的个数; x_{ik} 表示市域单元 i 的第 k 个自变量; (μ_i, ν_i) 表示市域单元 i 的空间地理坐标; $\beta_k(\mu_i, \nu_i)$ 表示第 k 个自变量在市域单元 i 里的回归系数; ε_i 为残差,表示预测值与实际值之间的差值。

将人口密度、人均 GDP、人口迁入指数和市内出行强度、各城市累计病例数据和地理坐标数据代入式(3),建立地理加权回归模型。

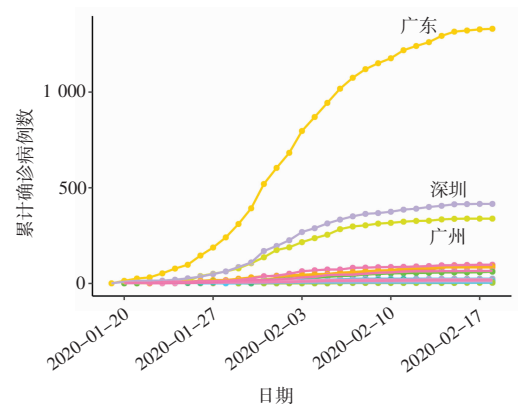
1.3 统计学处理

采用 R 3.5.3 软件获取相关数据并整理。采用 ArcGIS 10.3 软件进行重心轨迹分析、空间自相关分析和地理加权回归分析,并绘制相关电子地图。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

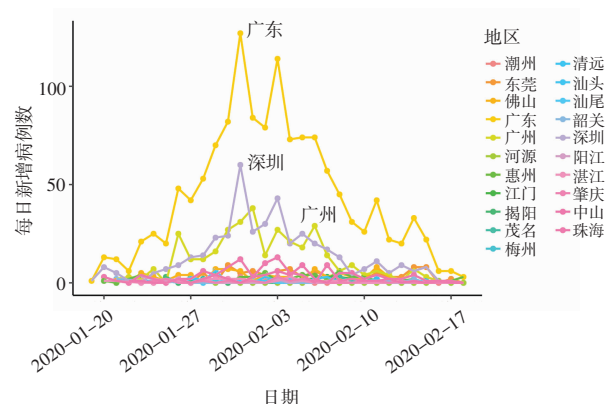
2 结果

2.1 流行概况

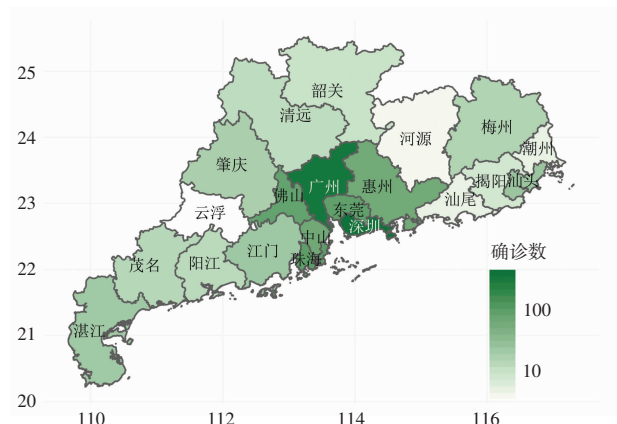
2020 年 1 月 19 日至 2020 年 2 月 18 日,广东省累计报告 COVID-19 确诊病例 1 331 例,其中广州和深圳两地的累计确诊病例明显高于其他地区,分别达 339 例和 416 例,且在 2 月份开始 COVID-19 的累计发病曲线趋于平缓(图 1A)。广东省每日新增病例数先上升后下降,形如倒“V”型,1 月 31 日达峰值,其中深圳也在 1 月 31 日达峰值,而广州则在 2 月 1 日达峰值(图 1B)。广东省各地级市的发病水平不同,深圳、广州、珠海、佛山等珠三角地区城市发现较多确诊病例,而粤东、粤北和粤西等地区确诊较少,其中云浮市到截止时间未发现确诊病例(图 1C)。



A. 逐日累计确诊病例数



B. 每日新增病例情况



C. 各市累计确诊病例分布地图

图 1 广东省新型冠状病毒发病时空分布情况

2.2 重心轨迹分析

新增病例流的重心位置于 2020 年 1 月 19 日始于深圳地区,随后重心位置向北方迁移,途径中山、佛山、广州、东莞等地,最后于 2020 年 2 月 18 日止于惠州。标准差椭圆的方向分布显示,新增病例流的重心位置的空间分布格局以珠三角地区为中心,沿东西方向传播为主导,而沿南北方向的影响相对较弱,详见图 2。

2.3 空间聚集性

2.3.1 全局空间自相关性 2020 年 1 月 19 日至 2 月 18

日,对广东省 COVID-19 每日的累计发病数进行全局空间自相关分析,全局 Moran's I 指数呈现缓慢增长的趋势。在 1 月 30 日第 1 次观察到空间聚集性($P=0.042$),从 2 月 2 日开始,全局 Moran's I 指数在 0.20~0.28 波动,均有统计学意义($P < 0.05$),并表现为空间正相关,详见表 1。

2.3.2 局部空间自相关性 将广东省各城市区县的累计病例情况进行局部空间自相关分析,并将其结果通过 LISA 聚集性地图显示。结果显示高值-高值聚集区共有 15 个,主要集中在广州和深圳 2 个城市,分布在花都区、白云区、黄埔区、天河区、番禺区、越秀区、海珠区、荔湾区、南海区、宝安

区、龙华区、龙岗区、罗湖区、福田区和南山区,而高值-低值聚集区有 1 个,为珠海市的香洲区(图 3)。

2.4 广东省人口密度、人均 GDP 及人口流动分布

2019 年广东省各城市的人口密度为 162~6 521 人/ km^2 ,人口较密集地区主要集中在深圳、广州、东莞、佛山、中山及汕头(图 4A)。人均国内生产总值为 2.5 万~18.6 万元/人,其中经济发达区域主要是珠三角地区(图 4B)。人口流入指数为 0.38~4.23,广州、深圳为主要的迁入城市(图 4C)。市内出行强度为 1.14~3.93,一、二线城市如深圳、东莞、中山的市内出行强度明显低于粤西、粤东地区(图 4D)。

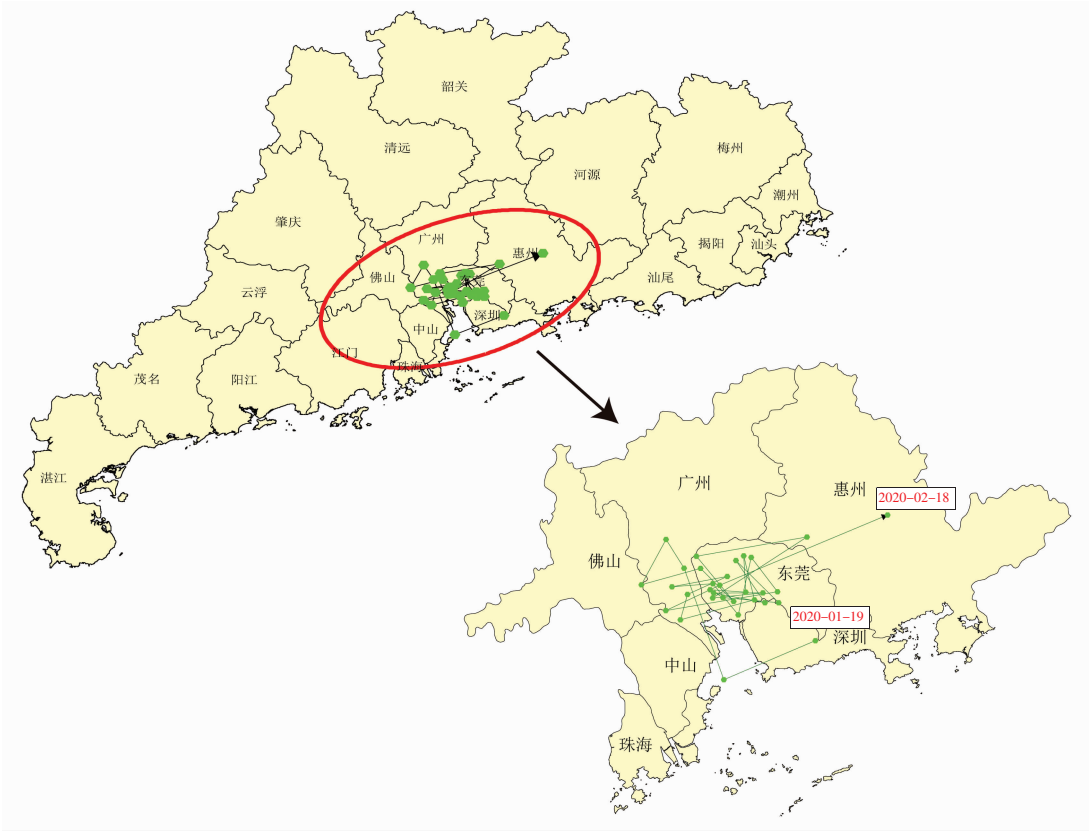


图 2 广东省 COVID-19 疫情空间分布的重心轨迹图

表 1 广东省 COVID-19 的全局空间自相关

日期	Moran's I	Z 值	P 值	是否聚集	日期	Moran's I	Z 值	P 值	是否聚集
2020-01-19	-0.05	-0.09	0.927	否	2020-02-04	0.21	2.05	0.040	是
2020-01-20	0.03	1.01	0.311	否	2020-02-05	0.21	2.10	0.036	是
2020-01-21	0.02	0.94	0.348	否	2020-02-06	0.22	2.12	0.034	是
2020-01-22	0.06	1.22	0.222	否	2020-02-07	0.22	2.11	0.035	是
2020-01-23	0.18	1.72	0.086	否	2020-02-08	0.22	2.18	0.029	是
2020-01-24	0.21	1.83	0.068	否	2020-02-09	0.23	2.24	0.025	是
2020-01-25	0.15	1.59	0.112	否	2020-02-10	0.24	2.27	0.023	是
2020-01-26	0.15	1.50	0.133	否	2020-02-11	0.25	2.35	0.019	是
2020-01-27	0.15	1.53	0.126	否	2020-02-12	0.25	2.39	0.017	是
2020-01-28	0.19	1.82	0.068	否	2020-02-13	0.25	2.41	0.016	是
2020-01-29	0.18	1.78	0.076	否	2020-02-14	0.27	2.49	0.013	是
2020-01-30	0.21	2.03	0.042	是	2020-02-15	0.27	2.54	0.011	是
2020-01-31	0.19	1.92	0.055	否	2020-02-16	0.27	2.54	0.011	是
2020-02-01	0.19	1.91	0.056	否	2020-02-17	0.28	2.57	0.010	是
2020-02-02	0.20	1.99	0.047	是	2020-02-18	0.28	2.58	0.010	是
2020-02-03	0.20	2.00	0.046	是					

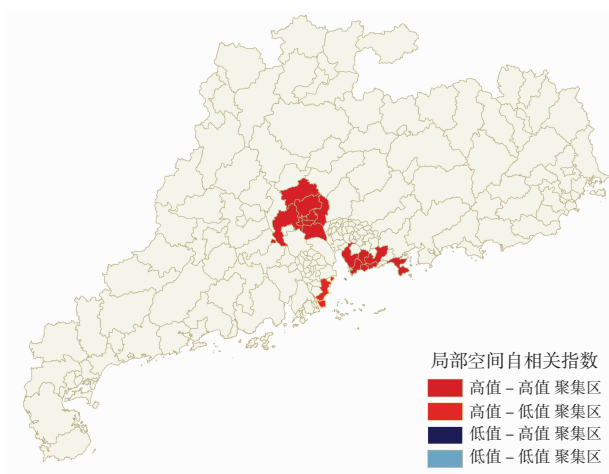


图3 广东省 COVID-19 情况局部空间自相关分析

2.5 基于社会因素的地理加权回归分析

地理加权回归分析的标准化残差结果显示,除东莞外,广东省其他地区的回归拟合效果都较理想,其标准化残差均小于 2.5 倍标准差(图 5A)。局部 R^2 基本在 0.89~0.92 范围内,由西向东逐渐增大,说明人口密度、人均 GDP、人口流入指数及市内出行强度这些影响因素对于各城市 COVID-19 疫情的影响解释效果较好(图 5B)。

基于社会因素的标准化回归系数分布,人口密度、人均 GDP、人口流入指数和市内出行强度与 COVID-19 发病均呈现正相关关系。其中,人均 GDP、人口流入指数和市内出行强度对粤北和珠三角地区的 COVID-19 发病影响程度较大(图 6B、C、D)。而人口密度对 COVID-19 发病的影响程度在粤东地区较大,并由东向西逐渐降低(图 6A)。但是,人口密度的整体影响程度较小,回归系数为 0.011~0.019。

3 讨论

广东省首例输入性 COVID-19 于 1 月 19 日在深圳被确诊,这是我国内地首例在湖北之外省份报告的 COVID-19 确诊病例^[6]。之后,广东省多地发现确诊病例,COVID-19 开始在省内蔓延。广东省的新增病例数在 1 月份逐天增加,并于 1 月 31 日达到峰值。但是,COVID-19 在广东省各个城市的流行程度是不均衡的,深圳和广州的病例数明显高于省内其他城市,并且以这 2 座城市为经济中心的珠三角地区病例数明显高于粤东、粤北和粤西地区。某些法定传染病在全国流行,但是其流行程度在不同的地区是不一样的^[7]。针对疾病流行程度在地理空间上的差异,越来越多的学者将传染病与地理信息系统结合进行分析^[8-10],这有助于探索疾病空间分布可

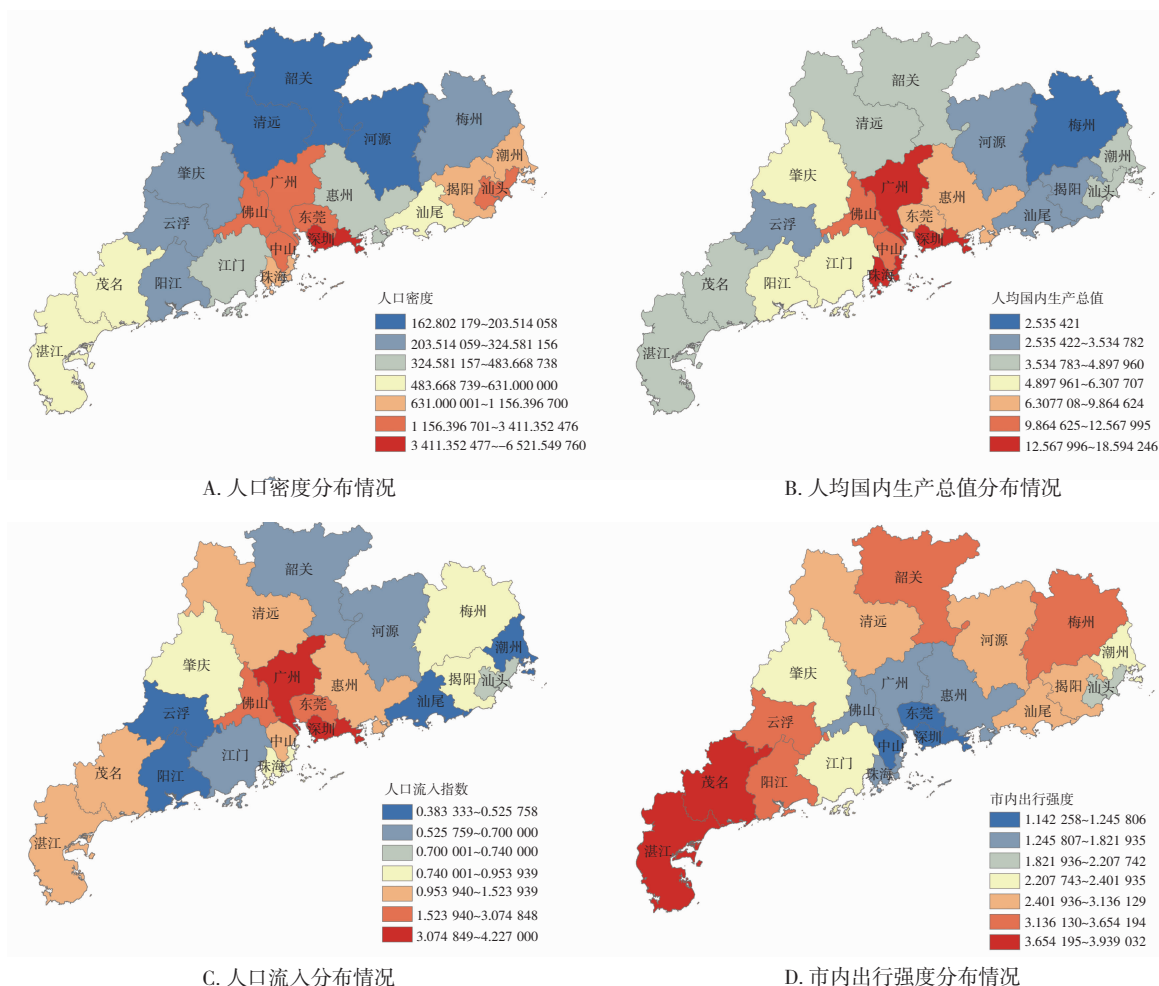


图4 广东省人口密度、人均 GDP 及人口流动地区分布情况

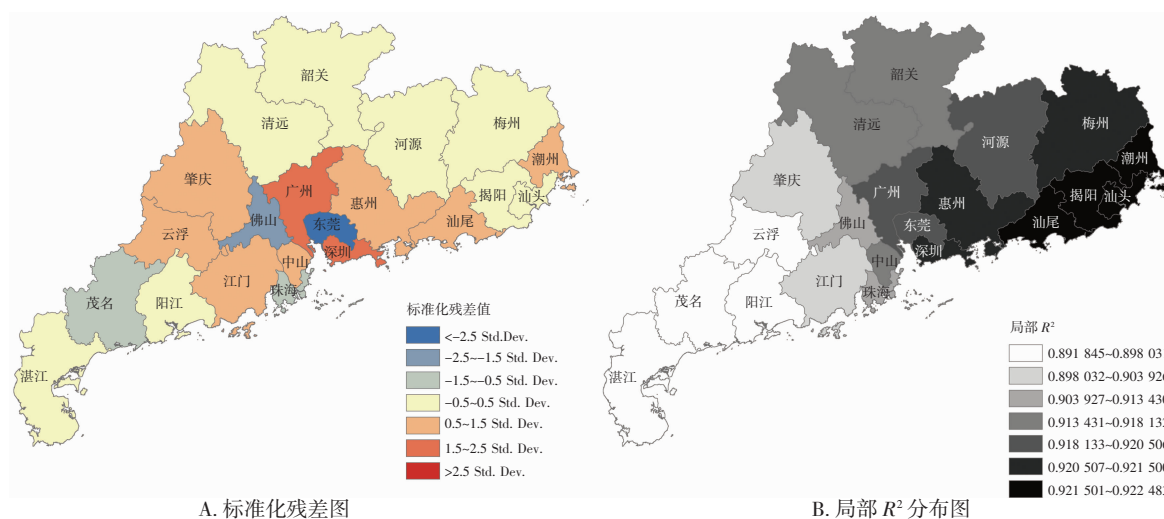
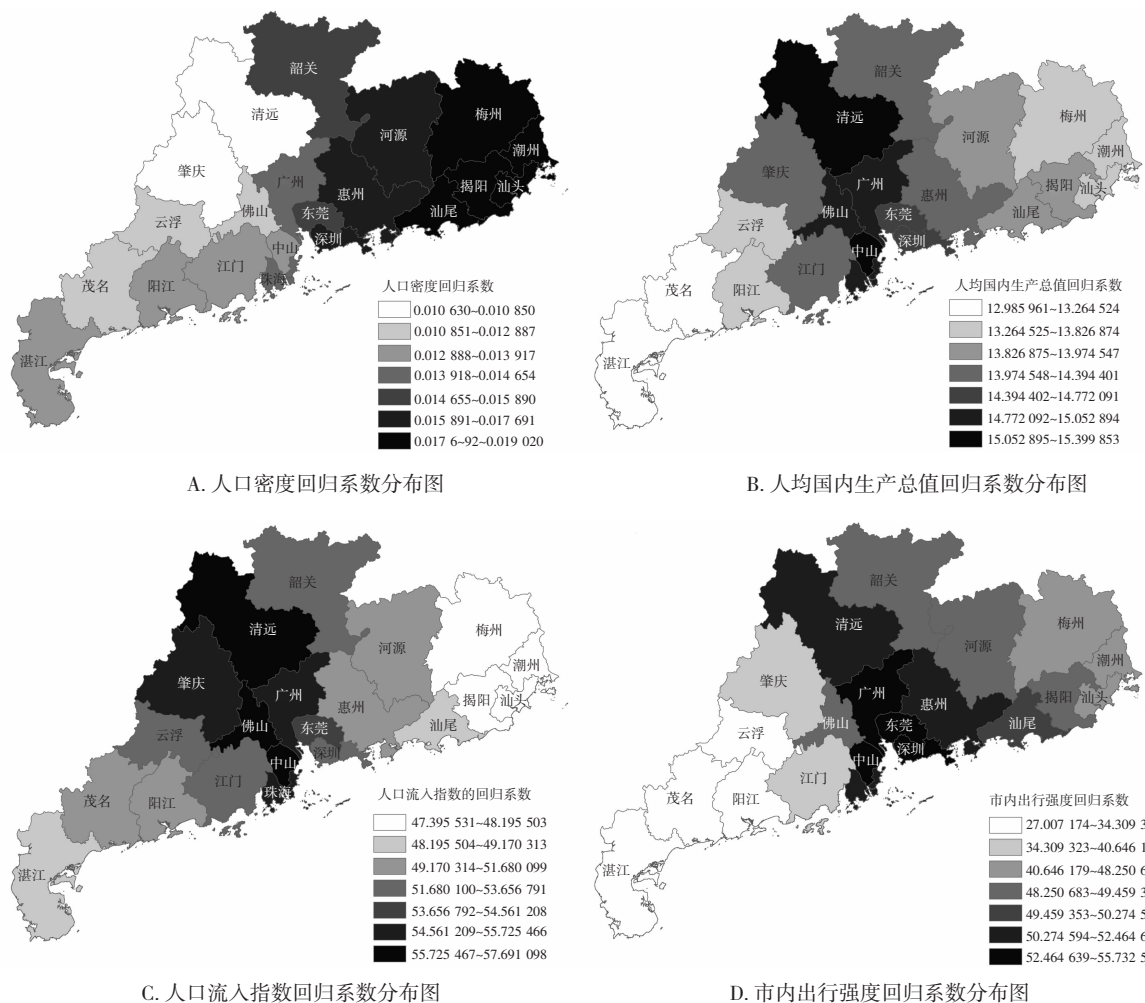
图5 地理加权回归分析的标准化残差图及局部 R^2 分布图

图6 基于地理空间回归分析的社会因素变量标准化回归系数分布图

视化,更直观地对比区域性差别。本研究通过地理信息系统对广东省 COVID-19 的空间分布特征及气象因素对疫情流行程度的影响进行探索,从空间流行病学角度为疫情相关的防控工作提供相关的科学理论依据。

广东省 COVID-19 新增病例流的重心位置始于深圳,止

于惠州,这是因为在 1 月 19 日仅有深圳 1 例确诊病例,而 2 月 18 日仅惠州新增 3 例确诊。重心轨迹分析结果显示,COVID-19 新增病例流的重心位置始终在珠三角地区迁移,分布于深圳、中山、佛山、广州、东莞、惠州等城市。然而,在疾病暴发的早期,重心位置会因为个别病例发生较大的空间波

动,因此重心轨迹可能存在一定偏差,例如 1 月 20 日的重心位置落于海上。全局空间自相关分析提示,从 2 月份开始 COVID-19 在广东省地级市水平上存在相关性,并且每日的全局 Moran's I 指数波动较小,并且数值较小,为 0.20~0.28。广东省 COVID-19 新增病例数在 1 月 31 日达到峰值,之后全省及各市的新增病例数开始逐步下降,并且累计病例数趋于平缓,这可能是全局 Moran's I 指数波动较小的原因。通过对 2 月 18 日累计病例的局部空间自相关分析,发现形成的高值-高值聚集区较少,且广东省大部分地区的病例分布比较均衡,这可能是 2 月份全局 Moran's I 指数较低的原因。并且,15 个高值-高值聚集区均分布在广州和深圳两地,而在珠海存在 1 个高值-低值聚集区,表明广东省 COVID-19 在广州和深圳存在空间聚集性,这与重心轨迹分析结果基本一致。珠三角地区的人口密度在全国乃至全世界都相当高。截至 2010 年,包括广州、深圳、佛山和东莞在内的珠江三角洲城市片区拥有约 4 200 万人,其人口增长的主要来源是外来迁入人口,并且有大量来自全国其他省份的外来务工人员^[11]。正因为这种“超载”的人口密度,以及大量的外来务工人员,创造了一个适合传染病流行的条件。

传染病的流行受各地区经济水平、人口密度、人口流入情况等因素的影响。在传染病防控的不同阶段,其主要影响因素不同。在输入病例为主的疫情阶段中以 GDP 和武汉迁出人口比的影响较大;在继发病例为主的阶段则受输入病例、武汉迁出人口比和城镇人口数的影响较大^[12-14]。

为了量化社会因素及人口流动因素对广东省 COVID-19 流行的空间异质性,采用地理加权回归分析人口密度、各地区人均国内生产总值、人口迁入情况及市内出行强度对 COVID-19 流行的影响。地理加权回归分析显示,这 4 个社会及人口流动因素对广东省 COVID-19 疫情的空间异质性均存在正相关关系。人口密度回归系数的高值区集中于梅州、汕尾、潮汕等粤东地区;人均国内生产总值则主要影响中部地区尤其是清远、中山;而人口流入指数的回归系数高值区也主要集中在中部地区包括清远、佛山、中山;市内出行强度主要影响中部地区尤其是广州、东莞、深圳、中山。人口密度似乎对珠三角地区的影响较小,而人均国内生产总值、人口流入指数及市内出行情况对珠三角地区的影响较大。但是,考虑到地理加权回归模型中东莞的标准化残差较大,因此基于该地理加权回归模型对社会因素的影响预测可能是不准确的。并且,居民的健康素养、当地的防控举措、气象等因素也会影响疾病的流行,但是本研究的地理加权回归模型并未纳入相关因素,这也会影响模型预测的可靠性和有效性^[15-17]。

总之,广东省 COVID-19 疫情自 2 月份开始趋于平稳,虽然存在空间聚集性,但是高发聚集区较少,并局限在珠三角地区。此外,在传染病发生发展的不同阶段,人口密度、经济水平、人口迁入情况及市内出行强度等因素均对本次 COVID-19 的流行程度造成一定的影响。随着返工、返学潮流的到来,广东省作为教育和经济大省要面临新的挑战,因此需要持续保持对重点区域、重点人群的监控排查,积极应对疫情的变化。

参 考 文 献

- [1] 武汉应急办公室. 武汉市卫生健康委关于不明原因的病毒性肺炎情况通报[EB/OL]. (2020-01-11) [2020-02-26]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqtb/202001/1beb46f061704372b7ca41ef3e682229.shtml>.
- [2] World Health Organization. Novel coronavirus—China[EB/OL]. (2020-01-30)[2020-02-26]. <https://www.who.int/csr/don/12-january-2020-novel-coronavirus-china/en/>.
- [3] Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China[J]. Lancet, 2020, 395 (10223): 497-506.
- [4] Chan JF, Yuan S, Kok KH, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster[J]. Lancet, 2020, 395 (10223): 514-523.
- [5] 陈超, 马海涛, 陈楠, 等. 中国农民旅游流网络重心轨迹的演化[J]. 地理研究, 2014, 33(7): 1306-1314.
- [6] 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.
- [7] 朱斌, 刘锦林, 毛瑛. 中国典型法定报告传染病发病率空间关联性分析[J]. 中国公共卫生, 2018, 34(1): 4-8.
- [8] 王纪传, 刘瑞红, 李东芝, 等. 地理加权回归在脑卒中病因探索中的应用[J]. 山东大学学报(医学版), 2017, 55(8): 88-94.
- [9] 袁风顺, 刘伦皓, 刘小锦, 等. 空间统计分析方法在艾滋病研究领域中的应用[J]. 预防医学情报杂志, 2019, 35(12): 1450-1451.
- [10] 陈继军, 王宇红, 宋萍, 等. 2011-2018 年兰州市 HIV/AIDS 流行特征及时空聚集性[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(12): 1442-1447.
- [11] 刘志佳, 黄河清. 珠三角地区建设用地扩张与经济、人口变化之间相互作用的时空演变特征分析[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1394-1402.
- [12] 武智勇, 孙德尧. 人口流动背景下河北省新型冠状病毒(2019-nCoV)城市分布特征及防控对策探讨[J]. 河北民族师范学院学报, 2020, 40(2): 1-9.
- [13] 漆翠芳, 杨力仁, 杨子轩, 等. 影响新型冠状病毒肺炎省际传播与发展的因素: 基于 30 个省市的数据分析[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2020, 41(2): 1-13.
- [14] 许小可, 文成, 张光耀, 等. 新冠肺炎爆发前期武汉外流人口的地理去向分布及影响[J]. 电子科技大学学报, 2020, 49(3): 324-329.
- [15] 林柳婷, 张帆, 赵婵娟, 等. 海南手机用户新型冠状病毒肺炎的知信行及防护行为影响因素研究[J]. 海南医学院学报, 2020, 26(8): 561-565.
- [16] 徐韧哲, 汪家伟, 叶声豪, 等. 基于 SIQR 模型的新冠肺炎期间深圳市防控措施分析[J]. 深圳大学学报(理工版), 2020, 37(3): 257-264.
- [17] Jain R, Sontisirikit S, Iamsirithaworn S, et al. Prediction of dengue outbreaks based on disease surveillance, meteorological and socio-economic data[J]. BMC Infect Dis, 2019, 19(1): 272.

(责任编辑: 周一青)