



# Aggregation Characteristics and Social Influencing Factors of COVID-19 in Shijiazhuang

Xufan Wei, Zhihai Shang<sup>\*</sup>, Baolin Jiang, Yingying Huang

*School of Geographical Sciences, Lingnan Normal University*

*\*Corresponding author. Email: shangzhihai@126.com*

## ABSTRACT

COVID-19 occurred in Shijiazhuang in early 2021, and it spread rapidly in rural areas in a short time, showing different characteristics from the urban epidemic. Information of 869 confirmed cases are collected to study epidemic aggregation characteristics in Shijiazhuang by the methods of spatial autocorrelation and hot spot analysis, and the influencing factors of epidemic transmission are explored by social network analysis method. The results showed that: From the time dimension, COVID-19 confirmed cases in Shijiazhuang were increasing in the early stage of the epidemic, and maintained a high level in the high-level epidemic period. From the spatial perspective, COVID-19 confirmed cases in Shijiazhuang were concentrated in the Northeast and showed strong aggregation characteristics in space. Then through the social network analysis of residents' contact relationship, it found that the epidemic was mainly spread through family, community and social contact. The results can provide reference for epidemic prevention and control in rural areas.

**Keywords:** COVID-19, aggregation characteristics, social factors, Shijiazhuang.

## 石家庄市新冠肺炎疫情聚集性特征及社会因素分析

卫栩帆, 尚志海<sup>\*</sup>, 江宝琳, 黄莹映

*岭南师范学院地理科学学院*

*\* 通讯作者. 电子邮箱: shangzhihai@126.com*

## 摘要

2021年初石家庄市爆发新冠肺炎聚集性疫情,短时间内疫情在农村迅速蔓延,呈现出与城市疫情不同的特征。通过收集石家庄市869例确诊病例信息,采用空间自相关、热点分析的方法对石家庄疫情聚集性特征进行研究,并利用社会网络分析方法探讨疫情传播影响因素。结果表明:从时间维度看,石家庄市新冠肺炎确诊病例在疫情前期不断增加,并在高水平流行期保持较高水平。从空间维度看,石家庄市确诊病例在空间上呈现强烈聚集性特征,集中分布于东北部地区。通过对居民的接触关系进行研究,发现疫情主要通过家庭、社区以及社交三种途径进行传播。研究结果可为农村地区疫情防控提供参考。

**关键词:** 新冠肺炎疫情, 聚集性特征, 社会因素, 石家庄市。

## 1. 引言

根据《抗击新冠肺炎疫情的中国行动》白皮书,2020年4月29日之后,中国境内疫情总体呈零星散发状态,局部地区出现散发病例引起的聚集性疫情,2021年初爆发的石家庄市疫情为典型疫情之一。2020年全年石家庄市确诊病例只有29例,但是从2021年元旦开始,石家庄市确诊病例突然增多,特别是在2021年1月1日至2月14日期间,石家庄新增确诊病例869例,新冠肺炎疫情呈现高度的时空聚集性,确诊病例主要分布在农村地区,与以往城市疫情有所不同。农村地区疫情防控意识不强,防控环节薄弱,尤其是过年过节期间,大量人口流入农村,疫情的不确定性增强,增大了疫情传播风险。因此,石家庄市疫情聚集性特征和影响因素分析具有重要意义。

目前新冠肺炎疫情的时空分布及聚集性特征研究,主要是利用空间网络、空间自相关等方法,并借用GIS等软件进行分析,研究尺度包括国家、省及市级尺度。例如,在国家及省级尺度上,巫细波等采用新兴时空热点分析中国疫情时空演变特征<sup>[1]</sup>;吕振华等利用Crystal Ball和GIS软件分析了湖北省疫情时空特征<sup>[2]</sup>;王皎贝等采用热点分析法探讨陕西省疫情时空演化格局<sup>[3]</sup>;Xiong等利用空间自相关方法研究湖北省病例聚集的区域<sup>[4]</sup>;马倩倩等利用全局空间自相关分析法划分河南省疫情的发病率区域<sup>[5]</sup>;徐婷婷等利用探索性空间分析与空间滞后模型分析浙江省疫情时空演变特征<sup>[6]</sup>;刘勇等利用空间自相关检验方法探讨了河南省疫情时空扩散特征<sup>[7]</sup>;叶玉瑶等建立时滞效应模型用于判断广东省疫情变化趋势<sup>[8]</sup>。在市级尺度上,余正等采用DBSCAN自适应聚类算法分析温州市时空分布格局演变<sup>[9]</sup>;金安楠等采用核密度估计等方法,从多个方面分析深圳市疫情时空演化<sup>[10]</sup>。在疫情聚集的影响因素方面,除了空间距离、人口流动、人口密度等因素外<sup>[6-8,11]</sup>,陈晓等认为疫情传播与交通设施水平具有强烈关联<sup>[12]</sup>。

现有研究表明,疫情分布的空间聚集性在不同尺度呈现出不同特点,疫情聚集性的影响因素也各有差异;此外,目前研究成果多是分析城市疫情聚集特征,农村地区疫情研究不多。本文以石家庄市为例,以街道为研究单元,采用空间自相关、热点分析等方法分析疫情的时空聚集性特征,并探讨了疫情聚集的影响因素,以为农村地区疫情防控提供参考。

## 2. 数据来源与研究方法

### 2.1. 数据来源

石家庄是河北省省会,是京津冀地区重要的中心城市之一,全国重要的商品集散地和北方重要的大商埠,也是中国铁路运输的主要枢纽之一。石家庄市现辖8区14县(市),根据第七次人口普查数据,石家庄市常住人口为11235086人,其中居住在城镇的人口为7884379人,占70.18%;居住在乡村的人口为3350707人,占29.82%,相对于其他大城市来说城镇化率并不高。本文数据来源于河北省卫生健康委员会官网(<http://wsjkw.hebei.gov.cn/>)、石家庄市卫生健康委员会官网(<http://wsjk.sjz.gov.cn/>)、石家庄本地宝公众号及新型冠状病毒肺炎疫情实时查询网站(<https://app.21jingji.com/html/2020yiqing/>)。

### 2.2. 研究方法

#### 2.2.1. 空间自相关

全局空间自相关可以用来计算地理要素和地理现象之间的空间关系。它是对确诊病例在街道单元空间特征的描述,可以衡量不同街道单元之间确诊病例总体上的空间关联性与空间差异程度。本文使用全局Moran's  $I$  衡量石家庄市的空间自相关性,其计算公式为:

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中:  $x_i, x_j$  为不同街道单元的累计确诊病例数;  $w_{ij}$  为街道区域  $i$  与  $j$  之间的空间权重;  $n$  为街道单元的总数<sup>[13]</sup>。

全局Moran's  $I$  的正态分布期望值为:

$$E(I) = -1 / (n - 1) \quad (2)$$

Moran's  $I$  的取值范围界于-1和1之间,绝对值的大小表明其相关程度;当  $I > E(I)$  时,空间地理现象显现聚集态势,表明街道单元间确诊病例存在正相关,越接近1,则表示街道单元间关系越紧密,性质越相似;反之,空间上为分散格局,空间地理现象显现离散态势,街道单元间为负相关;当  $I$  逼近于  $E(I)$  时,则显现随机分布,表明它们街道单元间不存在空间关联性,不存在空间相关性<sup>[14]</sup>。

#### 2.2.2. 热点分析

本文使用局域Getis-Ord  $G_i^*$  指数识别确诊病例

在街道尺度上的热点，若  $G_i^*$  得分为正且较大，说明确诊病例在空间单元  $i$  中聚集度较高（热点区域），反之聚集度较低（冷点区域）<sup>[15]</sup>。

$$G_i^* = \frac{\sum_j w_{ij} - \bar{x} \sum_j w_{ij}}{\sqrt{\frac{\sum_j x^2}{n} - \bar{x}^2} \sqrt{\frac{n \sum_j w_{ij}^2 - (\sum_j w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (3)$$

式中： $w_{ij}$  为街道单元  $i$  和  $j$  之间的空间权重。

$G^*$  指数通过比较指定范围内要素和区域内所有要素的差异来识别疫情的热点区域。

### 2.2.3. 社会网络分析方法

本文采用社会网络分析方法来探讨确诊病例的社会关系对疫情传播的影响。通过 Ucinet 软件计算<sup>[12]</sup>对确诊病例的社会关系进行可视化分析（表 1）。

表 1 社会网络评价指标体系

名称	含义	说明
节点数	衡量网络规模	节点数越多，网络规模越大
边数	衡量网络节点间接触关系	边数越多，网络接触关系越复杂
密度	衡量网络紧凑程度	密度越大，网络越紧密
平均路径长度	衡量网络中信息传递的效率	平均路径越短，节点间可达性越大
节点度	衡量节点接触关系	节点度越大，节点接触越广

系的广度		
度数中心性	衡量节点接触能力	度数中心性越大，节点接触能力越强
中间中心性	衡量节点关键程度	中间中心性越大，节点越关键
接近中心性	衡量节点之间接近程度	接近中心性越高，节点独立性越强

## 3. 确诊病例的聚集性特征

### 3.1. 时间分布特征

2021 年 1 月 1 日至 2 月 14 日，石家庄新冠肺炎确诊病例数量呈现出一定的时序演变特征（图 1）。在疫情聚集性发生前期，自 1 月 2 日起疫情初步扩散，单日确诊病例数由个位数逐渐上升。1 月 9 日进入疫情聚集性发生流行期，单日确诊病例数迅速上升；新增确诊病例于 1 月 15 日上升至最大峰值，新增确诊 242 例，之后新增病例数量缓慢下降。新增确诊病例主要集中在 1 月 9 日至 1 月 21 日之间，共有 642 例，占全部确诊病例总数的 73.88%。1 月 21 日进入疫情低水平流行期，单日确诊病例数缓慢增长。1 月 28 日开始，单日确诊病例数回落至个位数。总体上看，石家庄市确诊病例累计变化历经 3 个时期，单日确诊病例具有显著峰值；累计确诊比例数量在前、中期呈现出较大波动，在后期趋向稳定。

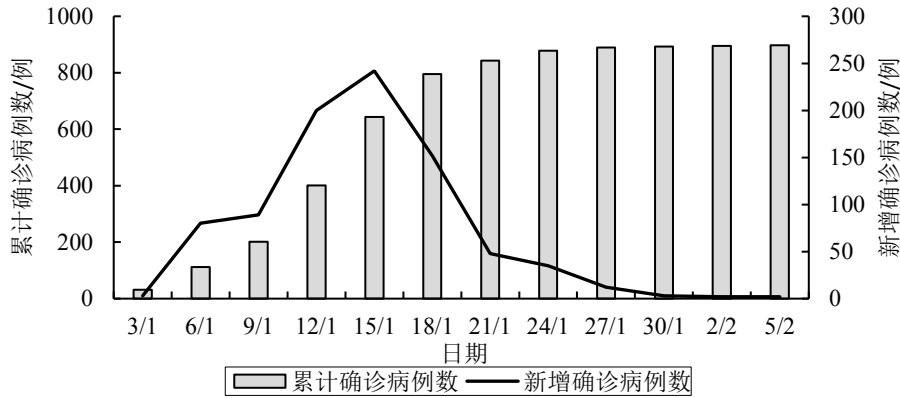


图 1 石家庄新冠肺炎确诊病例数量时序演变特征

### 3.2. 空间分布特征

石家庄市共有 280 个街道，其中 58 个街道有确诊病例，占比 20.71%，石家庄市近八成的街道未发生疫情传播，间接说明疫情分布比较集中。各街道确诊病例的分布如图 2 所示，病例数最多的是藁城区增村镇（633 个病例，占比 72.84%），之后依次是新乐

市长寿街道（31 个病例）、藁城区西关镇（21 个病例）、正定县新城铺镇（18 个病例）。从病例数量结构上及石家庄市确诊的所有病例空间分布（图 2）上看，病例数是 0 个的街道共有 222 个，占比 79.29%，病例数超过 10 人的街道共有 6 个，占比 2.14%。

从各区县受疫情影响程度来看，确诊病例主要集中在藁城区、新乐市、长安区、裕华区、桥西区、正

定县的街道。藁城区和新乐市疫情最为严重,有病例的街道数均为 10 个,分别占藁城区和新乐市街道数目的 66.67%、83.33%,其中位于石家庄市西部的辛集市、晋州市,位于石家庄市南部的高邑县、元氏县、赞皇县,位于石家庄市北部的灵寿县,及位于石家庄市东部的井陘矿区共七个区县并无确诊病例分布。从病例空间分布情况来看,石家庄市东北部地区和中部确诊病例分布较多,其余地区分布较少。

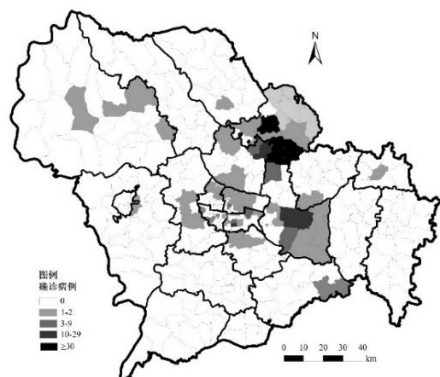


图 2 石家庄市确诊病例空间分布情况

图 3 为石家庄市新冠肺炎确诊病例的热点图,共识别出 11 个街道为热点(高值)区域,并通过显著性检验( $P < 0.05$ )。石家庄市新冠疫情的确诊病例热点区分布在石家庄东北部藁城区、新乐市、正定县和无极县等 4 个区县,其中确诊病例热点区中藁城区(4 个)、新乐市(3 个)、正定县(3 个)含有的热点街道数量较多,无极县有 1 个热点街道。确诊病例冷点区分布在南部栾城区、赵县和高邑县等 3 个区县、西部深泽县、晋州市和辛集市等 3 个区县、东部井陘矿区、井陘县、赞皇县和元氏县等 4 个区县、北部平山县、灵寿县和行唐县等 3 个区县以及中部长安区、裕华区、桥西区、新华区和鹿泉区等 4 个区县。长安区、裕华区、桥西区、新华区虽然确诊病例街道数量较多,但是处于确诊病例冷点区。由于确诊病例数呈累加趋势发展,因此石家庄市各区县的冷热点分布能够代表石家庄市 2021 年 1 月 1 日至 2 月 5 日期间确诊病例的空间聚集情况,即石家庄市东北部是整个研究区域内疫情最严重的地区,其余区域相对远离疫情核心区。



图 3 石家庄市确诊病例热点街道分布

通过全局 Moran's  $I$  指数检验结果知,石家庄市新型冠状病毒肺炎确诊病例在总体上具有正空间自相关性,其 Moran's  $I$  指数为 0.025626,表明石家庄新冠疫情具有强烈的空间相关性,即某地的新冠病毒病例与该地区的位置有关。 $Z$  得分约为 6.85,结果分布在正态分布的右端,为聚集型。

#### 4. 疫情传播的社会因素

石家庄新冠肺炎疫情是以农村社区为中心向四周扩散为特征的,本文认为疫情传播的主要因素是新冠肺炎确诊病例的社会关系,因此采用社会网络分析方法来探讨确诊病例的社会关系对疫情传播的影响。

##### 4.1. 社会网络整体层面特征分析

根据河北省卫生健康委员会官网发布的数据统计并通过 Ucinet 软件计算发现,确诊病例中有明确接触关系的共 216 个,即 216 个节点,约占石家庄市全部确诊病例的四分之一。在 216 个节点之间形成了 121 条边,即在 216 个节点之间形成了 121 对接触关系,网络密度较小,为 0.0052,网络整体上比较稀疏。网络平均路径长度不超过 2,为 1.212,各节点间网络距离较近,接触传播的可能性较大,即两个节点间不需要第三个节点介入便能实现接触。

##### 4.2. 社会网络节点层面特征分析

表 2 反映了石家庄新冠肺炎确诊病例社会网络节点层面特征,由于篇幅所限,仅列出各项指标结果值排名前 20 (含并列)的情况。同时,病例发病顺序并非感染顺序,即病例顺序靠前并非其一定为感染源,因此在本文社会网络中关注接触关系而非传播关系。

从节点度和度数中心性来看,病例 234 和病例

362 等 2 例病例的节点度均为 3，度数中心性均为 1.395；病例 74、病例 134、病例 280、病例 526、病例 637 和病例 800 等 22 例病例的节点度均为 2，度数中心性均为 0.930。节点度是指和该确诊病例相关联的边的条数，度数中心性的值与节点度的值相对应，说明上述病例是接触关系较多的病例，其具有较强的接触能力，是网络节点中的关键节点。

从中间中心性来看，病例 234 和病例 362 的结果值最大，均为 0.013；病例 192、病例 306、病例 490、病例 797 均为 0.009；病例 134、病例 280、病例 526 等 18 例病例均为 0.004。这些节点中间中心性较大，对其他节点影响较大，在疫情防控中起到关键作用。

从接近中心性来看，病例 362、病例 234、病例 192、病例 797、病例 490、病例 306、病例 365、病

例 836、病例 281 和病例 363 等 16 例病例的接近中心性均为 0.469，病例 583、病例 134、病例 579、病例 526、病例 800、病例 833、659 和病例 166 等 54 例病例的接近中心性均为 0.467。说明这些节点更独立，即在节点间建立接触关系时经过的中间节点较少，不容易受其他节点控制，在整体网络中处于较核心的地位。

中心势可以反映网络的凝聚性，它的数值越接近 0，节点之间的关系越松散。根据 Ucinet 软件的计算结果，216 个节点的度数中心势为 0.88%，中间中心势为 0.01%。可见，中心势结果较低，表明节点之间的接触关系松散，也从侧面说明病例间传染扩散关系复杂。

表 2 石家庄新冠肺炎确诊病例社会网络节点层面特征 (TOP20)

序号	节点度		度数中心性		中间中心性		接近中心性	
	病例	结果值	病例	结果值	病例	结果值	病例	结果值
1	病例 362	3	病例 362	1.395	病例 362	0.013	病例 362	0.469
2	病例 234	3	病例 234	1.395	病例 234	0.013	病例 234	0.469
3	病例 526	2	病例 134	0.930	病例 192	0.009	病例 192	0.469
4	病例 134	2	病例 74	0.930	病例 797	0.009	病例 797	0.469
5	病例 74	2	病例 637	0.930	病例 490	0.009	病例 490	0.469
6	病例 637	2	病例 280	0.930	病例 306	0.009	病例 306	0.469
7	病例 280	2	病例 800	0.930	病例 526	0.004	病例 365	0.469
8	病例 728	2	病例 728	0.930	病例 280	0.004	病例 836	0.469
9	病例 583	2	病例 583	0.930	病例 134	0.004	病例 281	0.469
10	病例 490	2	病例 490	0.930	病例 583	0.004	病例 363	0.469
11	病例 513	2	病例 513	0.930	病例 800	0.004	病例 319	0.469
12	病例 383	2	病例 383	0.930	病例 513	0.004	病例 364	0.469
13	病例 189	2	病例 189	0.930	病例 383	0.004	病例 256	0.469
14	病例 833	2	病例 833	0.930	病例 189	0.004	病例 307	0.469
15	病例 579	2	病例 579	0.930	病例 833	0.004	病例 742	0.469
16	病例 659	2	病例 659	0.930	病例 579	0.004	病例 798	0.469
17	病例 192	2	病例 192	0.930	病例 659	0.004	病例 583	0.467
18	病例 306	2	病例 306	0.930	病例 74	0.004	病例 134	0.467
19	病例 115	2	病例 115	0.930	病例 728	0.004	病例 579	0.467
20	病例 820 及其他 3 例	2	病例 820 及其他 3 例	0.930	病例 115 及其他 4 例	0.004	病例 526 及其他 50 例	0.467

#### 4.3. 社会网络边数层面特征分析

在边数数据和节点分析的基础上，本文对有接触关系的节点进行边数层面特征分析，即接触关系层面的分析，结果如图 4 所示。

(1) 家庭是社会网络的基本单位。在 121 个接触关系中，因家庭传播所感染所涉及的接触关系共 40 个，占总接触关系数的 33.06%，且以夫妻关系、父母子女关系和兄弟姐妹关系为主。例如病例 362、病例 363、病例 364 和病例 365，病例 362，男，34

岁，1 月 3 日晚外出串门，1 月 4 日至 1 月 10 日居村无外出；1 月 11 日核酸检测呈阳性，1 月 12 日诊断为确诊病例。病例 363 (病例 362 妻子)，女，34 岁；病例 364 (病例 362 女儿)，女，6 岁；病例 365 (病例 362 儿子)，男，8 岁，上述三人行程轨迹和病例 362 一致，1 月 11 日核酸检测呈阳性，之后诊断为确诊病例。

(2) 社区是社会网络的主要单元。在 121 个接触关系中，因未出居住大环境 (小区、村等) 而感染所涉及的接触关系共 47 个，占总接触关系数的

38.84%。石家庄确诊病例集中分布在藁城区增村镇小果庄村、刘家佐村、南桥寨村等社区，因此 2021 年 1 月 12 日晚，小果庄全村 1220 户，共 4700 人，全部转移进行易地集中隔离。因为社区传播已经发生一段时间，即便集中隔离后仍有发现不少确诊病例。例如病例 856，女，53 岁，2021 年 1 月 3 日至 10 日居村无外出，1 月 11 日作为密切接触者转运至藁城区指定隔离点进行集中隔离医学观察，1 月 25 日因发热转运至发热门诊就诊，1 月 26 日 1 时核酸检测呈阳性，当日诊断为确诊病例。

(3) 社交是疫情传播的主要途径，包括走亲访友、参加活动等。在 121 个接触关系中，因社交传播而感染所涉及的接触关系共 34 个，占关系总数的 28.10%。在 869 例确诊病例中，依据已公布的行动轨

迹统计，病例 9、病例 13、病例 110、病例 130、病例 137、病例 154、病例 164、病例 447、病例 551 共 9 例确诊病例参加过同一场婚宴，病例 72、病例 115、病例 171 共 3 例确诊病例参加过同一场婚宴，病例 100、病例 252、病例 345 共 3 例参加过同一场满月宴，聚集性传播较严重。例如病例 252，男，63 岁，12 月 30 日参加本村人的满月宴，12 月 31 日至 2021 年 1 月 2 日，白天照看水果批发店，期间晚上经常去藁城区小果庄村会友，1 月 1 日中午在南桥寨村好运来饭店参加婚宴，1 月 4 日至 8 日居家无外出，1 月 9 日核酸检测呈阳性，1 月 11 日诊断为确诊病例。石家庄市疫情爆发于元旦期间，走亲访友、聚会聚餐等聚集性活动增加，为疫情传播提供了条件。

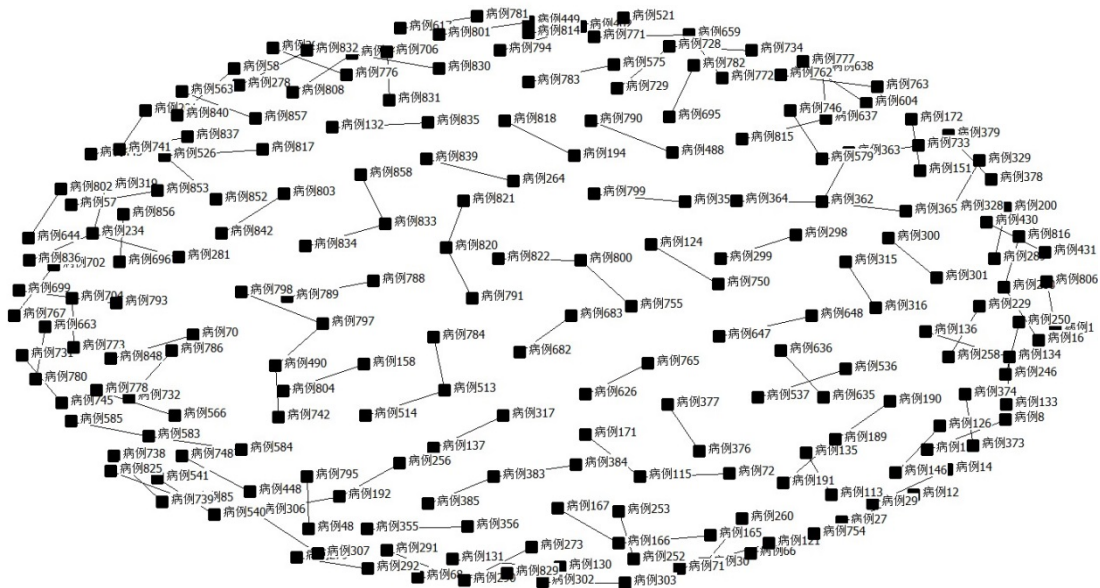


图 4 石家庄市新冠肺炎确诊病例网络结构特征

## 5. 结论

本文讨论了在街道尺度上的确诊病例聚集性，探讨了疫情聚集的影响因素，以期在农村地区疫情防控提供参考。

(1) 从时间维度看，1 月 1 日~2 月 24 日石家庄市新增病例经历了疫情前期、疫情高水平流行期、疫情低水平流行期 3 个阶段，3 个阶段均以本地病例为主。石家庄市病例分布的聚集性特征在疫情前期不断增强，并在高水平流行期保持较高水平。

(2) 从空间维度看，石家庄市确诊病例分布街道集中于石家庄市的东北部，包括藁城区、新乐市、

长安区、裕华区、桥西区、正定县等地。热点街道分布反映出更为清晰的聚集特征，热点街道集中于石家庄市的北部和东部，包括藁城区、新乐市、正定县。

(3) 本文利用社会网络分析方法对接触关系进行分析，从疫情传播的影响因素来看，家庭聚集、社区传播、社交活动是主要传播方式。

## 参考文献:

- [1] 巫细波, 张小英, 葛志专, 等. 我国 COVID-19 疫情时空演变特征研究——基于 314 个城市 329 天面板数据[J]. 地域研究与开发, 2021, 40 (2): 1-6.

- [2] 吕振华, 程绍文. 基于 Crystal Ball 和 GIS 的湖北省新冠疫情时空特征研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2020, 54(6): 1059-1071.
- [3] 王皎贝, 李钢, 王建坡, 等. 陕西省 COVID-19 疫情时空演化与风险画像[J]. 热带地理, 2020, 40(3): 432-445.
- [4] Xiong Yongzhu, Wang Yunpeng, Chen Feng, et al. Spatial Statistics and Influencing Factors of the COVID-19 Epidemic at Both Prefecture and County Levels in Hubei Province, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(11): 3903-3928.
- [5] 马倩倩, 李陈晨, 翟运开, 等. 河南省 2019 冠状病毒病疫情流行特征分析[J]. 中南大学学报(医学版), 45(5): 582-590.
- [6] 徐婷婷, 李钢, 高兴, 等. 浙江省新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 疫情时空演化与影响因素分析[J]. 浙江大学学报(理学版), 2021, 48(3): 356-367.
- [7] 刘勇, 杨东阳, 董冠鹏, 等. 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 1243 例病例报告的分析[J]. 经济地理, 2020, 40(3): 24-32.
- [8] 叶玉瑶, 王长建, 张虹鸥, 等. 基于人口流动的广东省 COVID-19 疫情风险时空分析[J]. 地理学报, 2020, 75(11): 2521-2534.
- [9] 余正, 黄加坡, 陈袁芳, 等. 温州市新型冠状病毒肺炎时空分布格局演化分析[J]. 测绘通报, 2020, (7): 45-49.
- [10] 金安楠, 李钢, 王皎贝, 等. 深圳市新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 疫情时空演化与防控对策[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2020, 48(3): 18-32.
- [11] 龚胜生, 莫慧. 2020 年湖南省 COVID-19 疫情的地理学分析[J]. 热带地理, 2021, 41(4): 708-722.
- [12] 陈晓, 黄宇金, 李佳慧, 等. COVID-19 疫情时空聚集性特征及影响因素分析——以重庆市为例[J]. 地理科学进展, 2020, 39(11): 1798-1808.
- [13] 古剑, 肖正利, 李金鞠, 等. 三峡宜昌区域松材线虫病疫情扩散空间分析[J]. 湖南生态科学学报, 2022, 9(1): 62-69.
- [14] 乔佳, 宁小李, 邓红蒂, 等. 城市郊区耕地细碎化及其空间自相关性分析[J]. 国土资源科技管理, 2015, 32(1): 9-15.
- [15] 唐启强, 张智, 黄潮清, 等. 基于 GIS 的南昌县血吸虫病疫情聚集区域综合探测研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2012, 24(5): 518-521.

**Open Access** This chapter is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits any noncommercial use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license and indicate if changes were made.

The images or other third party material in this chapter are included in the chapter's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the chapter's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

