

胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化

李佳洺¹, 陆大道^{1,2}, 徐成东³, 李 扬⁴, 陈明星^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院区域可持续发展与模拟重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实
验室, 北京 100101; 4. 中国科学院中国现代化研究中心, 北京 100190)

摘要: 胡焕庸线作为人地关系的重要地理大发现之一, 揭示了中国人口分布东密西疏的重要特征, 是人文与经济地理学对社会的重要贡献之一。本文采用地理探测器等定量方法, 以人口普查数据为基础, 对胡焕庸线两侧人口分布的分异性特征进行了深入讨论, 并尝试解释中国人口分布特征变化的原因及其机制。结果表明: ① 胡焕庸线作为中国最重要的人口分界线仍基本保持稳定, 但从空间统计学分异特征来看该分界线仍可进一步优化调整; ② 胡焕庸线两侧内部人口集聚模式发生着明显变化, 东南半壁人口分布由改革开放之前和初期的相对均衡状态, 转变为以长三角、珠三角等少数区域为中心的集聚模式; 而西北半壁人口分布的集聚程度则趋于下降; ③ 从人口空间分布的影响因素看, 尽管总体上, 经济发展类因素对于人口空间分布影响不断增强, 但三大阶梯等自然地理本底条件依然对中国人口分布有着重要影响。

关键词: 胡焕庸线; 人口分布; 空间分异性; 集聚; 扩散; 地理探测器

DOI: 10.11821/dlxb201701012

1 前言

1935年著名人口地理学家胡焕庸先生依据中国县级单元的人口疏密状况, 提出了从黑龙江瑷珲(现黑河)到云南腾冲的人口地理分界线, 即著名的“胡焕庸线”, 揭示了中国人口分布的巨大空间分异。胡焕庸线以东的中国东南半壁, 面积约占全国的36%, 而当时人口却占全国96%; 以西的西北半壁面积占全国64%, 而当时人口仅占全国4%。这是学界首次关注中国人口分布呈现的东南地狭人稠、西北地广人稀这一显著空间差异, 意义重大。胡焕庸线研究成果引起国内外学术界广泛关注^[1-2]。1990年, 胡焕庸先生利用第三次人口普查数据比较了胡焕庸线两侧人口分布状况, 结果表明, 尽管新中国成立后, 西部经济得到快速发展, 但是东南半壁和西北半壁的人口比重变化不大^[3]。不少学者陆续对胡焕庸线开展了深入的持续的研究和探讨。葛美玲等^[4]对比了2000年与1935年的人口分布, 认为胡焕庸线基本保持不变, 两侧人口比重的细微变化主要是由国土面积的变化引起的(1935年外蒙古仍属于中国); 戚伟等^[5]利用历次人口普查数据对胡焕庸线进

收稿日期: 2016-10-28; 修订日期: 2016-01-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671125, 41530634, 41230632, 41601121); 中国科学院地理科学与资源研究所
维优秀青年人才基金(2015RC202) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41671125,
No.41530634, No.41230632, No.41601121; Programme of Bingwei Excellent Young Scientists of the Institute
of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, No.2015RC202]

作者简介: 李佳洺(1984-), 男, 山西晋城人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为经济地理与区域发展。

E-mail: lijn.12b@igsrr.ac.cn

通讯作者: 陈明星(1982-), 男, 安徽巢湖人, 博士, 副研究员, 主要从事城市化与区域发展研究。

E-mail: chenmx@igsrr.ac.cn

行了验证,结果表明胡线两侧人口比重基本保持稳定。也有学者利用人口密度、土地利用、夜间灯光数据、洛仑兹曲线等对中国人口空间分布进行了研究,结果也证明了中国人口的空间分布格局是较为稳定的^[6-10]。一些研究针对胡线两侧的地级城市尺度人口流动特征^[11]、少数民族分布及其变动特征^[12]、县域人口空间分布特征等开展了细致研究^[13]。近几年来,胡焕庸线这一规律性成果更是得到国家领导人的高度关注,也在社会上引起了“是否应该突破”、“如何突破”等热议。丁金宏等^[14]组织召开了跨学科对话的会议,开展了经济战略与地理约束等的深入讨论;王铮^[15]深入分析了地理本性与胡焕庸线的打破及突破等问题;朱宝树^[16]估算分析了东中西部人口净迁移流量,认为胡焕庸线存在破与不破的两难境地,主要在于人口东迁难以突破性逆转;王开泳等^[17]经过分析认为要树立理性思维,稳妥有序推进城镇化进程,不断优化城镇化的空间分布格局。针对该问题讨论的标志性成果之一是陆大道院士牵头、国内知名中青年地理学者联合开展的热烈讨论和争鸣,受到了新华社等主流媒体的关注,总体上认为胡焕庸线的稳定性将长期存在^[18],分析和提出了胡焕庸线“不破”和总理之问“有解”的特点及其背后自然地理因素影响机制,以及西部地区新型城镇化发展的总体思路与分布格局^[19],基本上较为全面的回答了这一疑问。

尽管已有研究成果充分表明全国尺度上胡焕庸线两侧人口分布格局保持稳定,但是这并不能说明在中观和微观尺度上人口空间分布也没有发生变化,事实上在西南和西北半壁内部的人口布局特征正在不断演化,而这种尺度上的空间分布演进变化可能会影响到宏观尺度分布特征。本文将尝试从两侧区域的整体差异性入手,主要借助地理探测器这一空间异质性分析工具,对胡焕庸线两侧人口分布的异质性进行更加深入的探究和讨论,有利于从不同空间尺度加深对胡焕庸线两侧人口分布特征认识与理解。

2 数据和方法

2.1 研究数据

人口分布显然是胡焕庸线研究的核心,本文的分析主要以第一、三、四、五、六次人口普查分县人口数据为基础。尽管缺失第二次人口普查数据,但对5次人口普查的数据分析,已经可以反映建国以来各时期中国人口的分布状况及其变化趋势。基础空间数据采用国家地理信息中心提供的2002年全国分县数据,考虑到行政区划的调整,对各时期的人口数据也进行相应的合并和调整,使各时期数据具有可比性。为了进一步分析中国人口空间变化的原因和机制,本文还进一步收集了人均GDP、粮食产量、从业人员等社会经济数据以及高程、地形地貌、干湿分区等自然环境数据,两大类数据分别来源于各年份的地方统计年鉴和中国科学院资源环境科学数据中心。

2.2 研究方法

本文重点采用地理探测器这一空间异质性分析的软件和方法,对胡焕庸线两侧不同时期中国人口的整体差异性及其变化进行分析;然后,应用基尼系数、概率累积分布和局部Moran's I 等方法研究不同时期两个区域内部人口分布特征,以反映胡焕庸线两侧人口差异性的变化是如何发生的;最后,再次使用地理探测器探究各类自然和人文要素对中国人口分布的影响及不同时期各类要素作用强度的变化趋势。

(1) 地理探测器

该研究方法是由王劲峰研究团队提出并不断完善(<http://geodetector.org/>),主要用于探测地理要素的差异性及其对研究对象空间分布的影响因素^[20]。该方法不仅应用在地震

风险评估、作物种植以及环境健康等自然环境方面的研究^[21-23],也可以较为广泛的应用在城镇化、人居环境等社会经济研究之中^[24-25]。

目前,该方法大量的被应用于影响因素和机制的研究,而其对于地理空间的分异性的测度则相对较少。空间分异性和空间自相关是环境和地理现象的两个主要特征。地理探测器对于分异性的测度可以用来分析地理空间各类型区之间的整体差异性。具体来说,当各类型区内部各基本单元是完全均质的,而各类型区之间又各不相同,分层异质性强度为1;而各类型区内不同类型基本单元都是随机分布的,则分层异质性强度为0^[26]。

该方法分析的影响要素变量都是类型变量。这一特点对于自然要素的分析十分重要。因为,自然要素通常是按类型进行划分的定性指标,如干旱区、半干旱区等,是类型变量而非数值变量。在通常的回归分析模型中,使用过多的类型变量将使分析困难。因此,地理探测器更适用于自然环境等以定性的类型变量为主的研究和分析。地理探测器的具体公式如下:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (1)$$

式中: q 为人口规模空间分异影响因素探测力指标; N_h 为次一级区域样本单元数; N 为整个区域样本单元数; L 为次级区域个数; σ^2 为整个区域人口规模的方差; σ_h^2 为次一级区域的方差。 q 的取值区间为 $[0, 1]$, $q=0$ 时,表明人口是随机分布的,值越大,说明分区因素对人口分布的影响越大。本文不仅应用地理探测器研究各要素对人口分布的影响,还分析胡焕庸线两侧人口分布的整体差异性。

(2) 累积分布函数 (Cumulative Distribution Function, CDF)

该函数是概率分布函数的积分,表示在一个数据集中,小于等于某一数值的所有数据的概率分布,能够更加直观的显示数据的分布状况,公式如下:

$$F(x) = P(X \leq x) \quad (2)$$

本文中,首先将城市按人口规模排序,然后计算各城市人口在总人口中的比重,最后采用累积分布函数进行分析,可以得到某一百分位上城市人口在总人口中的比重。下文将对胡焕庸线两侧区域不同时期的人口分布状况进行研究,通过人口在空间中集疏变化,揭示两侧区域整体异质性变化的原因。

(3) 局部Moran's I

该方法能够通过Moran显著性地图直观的反映人口在空间中的分布状况,按局部空间自相关类型将区域单元划分为高一高、低—低、高一低、低—高4种类型,明确人口集疏的空间区位,有利于更加准确的分析异质性及其变化的成因。局部Moran's I 统计量的具体形式如下:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{m_0} \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad m_0 = \sum_j \frac{(x_j - \bar{x})^2}{n} \quad (3)$$

式中: x_i 、 x_j 分别为空间单元*i*和*j*的观测值,在本文中为各城市中的总人口; n 为县级城市数量。

3 胡焕庸线微调整后两侧人口的分异性检测

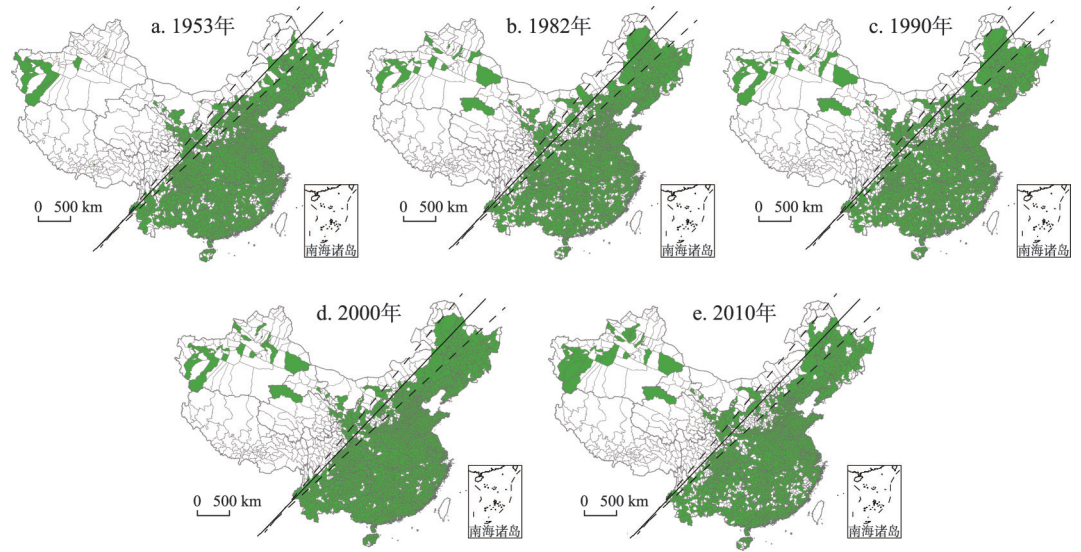
人口统计数据结果再次表明胡焕庸线两侧人口总体份额在过去80多年中并没有发生

明显变化, 整体上保持了94:6的大致比例(表1)。将各年份人口按倒序排列, 累积人口达到94%的城市在中国国土空间中的分布如图1所示, 大多数人口较多的城市都集中在东南半壁, 与胡焕庸线基本吻合, 胡焕庸线以东人口比重较小的城市集中在山西和陕西, 而以西人口比重较大的集中在甘肃和新疆。从历次人口普查的变化来看, 第一次人口普查与此后普查结果有一定差异, 主要是第三次及以后各次普查结果显示, 东北地区如牙克石和西北地区如克拉玛依等都是一些城市人口比重有所增加, 此外历次普查中东南半壁也都是一些城市人口比重较低, 但是2010年这一现象更为明显, 福建北部和贵州东部等出现了较为集中的人口比重较低的城市(图1)。

因此, 从东南和西北两壁的总体规模来看, 胡焕庸线所揭示的人口分布规律在历次人口普查中都较为稳定, 与多数研究结果一致。但是, 严格从空间统计学意义上讲, 这条线是否是识别东西两侧的理论上的最佳分界线? 也就是测算这条线两侧人口分布的空间异质性是否是最大值, 还有待更为严格的统计学检验。本文以分层异质性为依据, 在空间统计意义上检验胡焕庸线作为东西两壁人口分界线的空间位置是否最优。首先将城市按人口规模降序排列, 然后把人口累计达到94%的城市进行标识(图1), 发现不同时

表1 不同时期中国胡焕庸线两侧区域人口分布变化
Tab. 1 The demographic changes on both sides of Hu Line in different periods

年份	东南半壁			西北半壁		
	总人口(亿人)	份额(%)	人口密度(人/km ²)	总人口(亿人)	份额(%)	人口密度(人/km ²)
1953年	5.71	94.80	139.51	0.31	5.20	5.83
1982年	9.45	94.23	230.25	0.58	5.77	10.82
1990年	10.64	94.13	259.00	0.66	5.87	12.40
2000年	11.67	93.89	283.98	0.76	6.11	14.18
2010年	12.49	93.68	303.92	0.84	6.32	15.72



注: 图中3条线从左往右依次为: 胡焕庸线以腾冲为原点逆时针旋转10°(向北偏转)、胡焕庸线、胡焕庸线以腾冲为原点顺时针旋转10°(向南偏转)。

图1 不同时期中国人口累计达到94%的县(区)分布
Fig. 1 The spatial distribution of counties with population cumulative reaching 94% in different periods

期的变化主要在中国的东北部地区，西南地区基本保持不变。因此，本文设定以下3种情形：以云南腾冲为轴心，将胡焕庸线逆时针旋转10°（即向北偏转10°）和顺时针旋转10°（即向南偏转10°）形成两条参照线，并与原始胡焕庸线作对比，分析这3条线在历次人口普查结果中的分层异质性。结果显示，胡焕庸线向北偏转10°后，两侧区域的分层异质性更小；胡焕庸线顺时针旋转10°（即向南偏转10°）后，分异性在1953年、2000年和2010年3个年份增加，而在1982年和1990年则更小。这表明胡焕庸线在一些年份仍然优化的可能，即能够使胡焕庸线两侧人口分布在两侧区域之间差异明显而各自内部人口较为均质，从而更加准确的反映中国人口空间分布的集疏特征（表2）。

表2 胡焕庸线及其调整后的分层异质性*q*值
Tab. 2 The comparative analysis of spatial stratified heterogeneity between Hu Line and adjusted Hu Line

	1953年	1982年	1990年	2000年	2010年
胡焕庸线	0.097	0.121	0.102	0.023	0.022
胡焕庸线偏移10(向西北)	0.086	0.105	0.090	0.019	0.018
胡焕庸线偏移-10°(向东南)	0.119	0.077	0.062	0.027	0.025

4 胡焕庸线两侧分异性的具体分析 with 空间集聚特征差异

从历次人口普查来看，胡焕庸线两侧人口的分异性（*q*-值）总体呈现不断降低的趋势，特别是2000年以后，分异性明显低于以前各次人口普查的结果，这样的结果表明中国东南半壁和西北半壁的人口分布格局有逐渐趋同的趋势，2000年以后这一趋同的状况愈发明显。

从各城市人口累积分布的分析结果来看，造成胡焕庸线两侧人口分布格局差异性总体上不断降低的原因是东南半壁人口格局主要是由均衡状态向集聚状态转变，而西北半壁的人口集聚态势则有所减弱（图2）。

具体来说，东南半壁人口规模在前百分之五的城市，其人口总量占东南半壁所有城市总人口的比重在1953年、1982年、1990年、2000年和2010年分别为18.10%、16.00%、16.44%、33.40%和33.54%。前百分之十的城市人口占比也是相同的状况，在经历了1953-1982年的下降后（分别为29.06%和26.21%），也开始稳步增长，尤其是1990-2000年间，人口占比由26.55%快速增长到42.64%。从各组别城市人口占比的变化来看，前百分之五的城市人口总量的占比增加最为明显，2010年前百分之五城市的人口占比是1953年的近2倍，除前百分之十的城市外，其他各组城市总人口占比都明显下降（图3）。

与东南半壁不同的是，西北半壁前百分之五的城市人口占比在23%左右上下小范围的浮动，没有出现大规模上升的状况（5个年份的比重分别为22.71%、21.32%、22.38%、23.44%和22.79%），前百分之二十的城市人口总体占比甚至出现了较为明显的降低。西北半壁其他组别的城市人口占比都不同程度有所增加，后百分之五十的城市占比增长更为明显，从1953年的12.92%，增加到2010年的14.72%，期间仅2000年略有下降（图4）。

就空间集聚特征和具体城市而言，1953年东南半壁人口在安徽、山东、江苏、四川、重庆以及湖南和湖北中部等多个地区都相对较为集中，此后人口集中分布的区域范围不断缩小，到2010年人口较为集中的区域已经集中到上海、北京、广州等少数大城市及周边较小的范围（图5）。而西北半壁人口集中区域范围在不断扩大，但不同时期扩张的区域有所差异，2000年之前主要是围绕兰州、西宁、银川以及呼和浩特附近区域扩

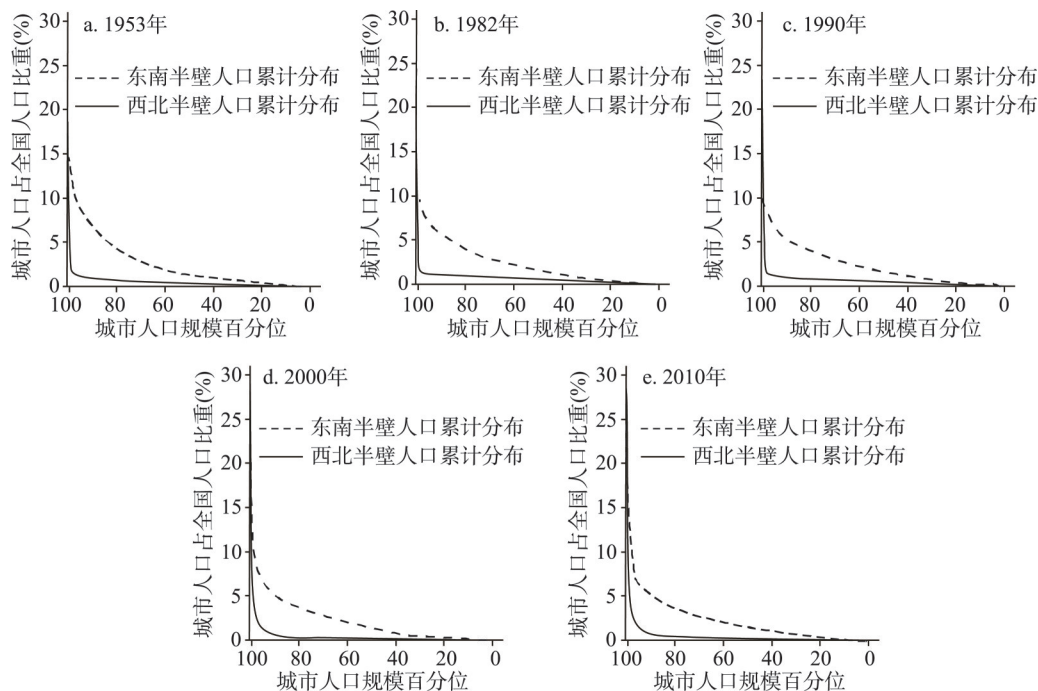


图2 不同时期中国东南半壁和西北半壁人口累积分布对比分析

Fig. 2 The comparative analysis between southeastern and northwestern sides in different periods

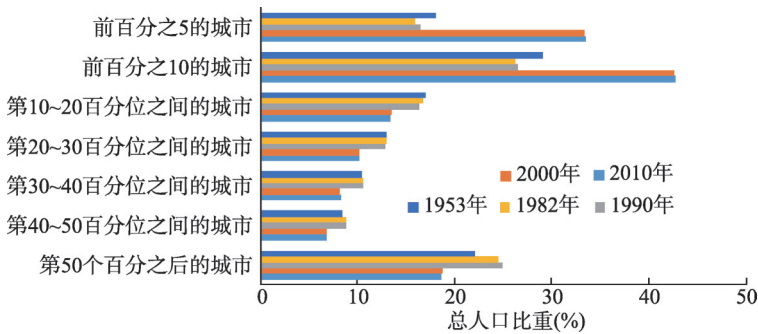


图3 不同时期中国东南半壁人口分布状况及其变化趋势

Fig. 3 The demographic changes on the southeastern side of Hu Line in different periods

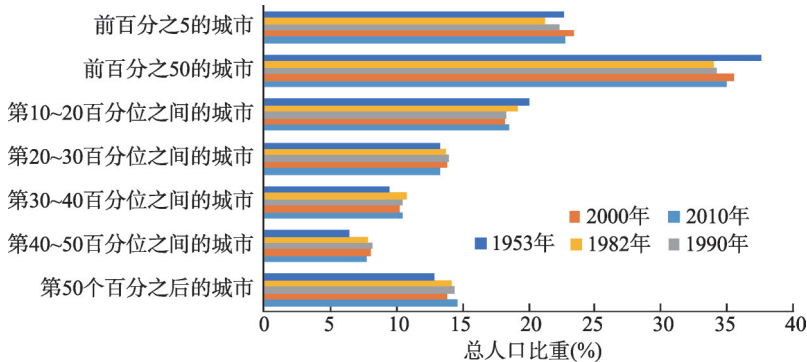


图4 不同时期中国西北半壁人口分布状况及其变化趋势

Fig. 4 The demographic changes on the northwestern side of Hu Line in different periods

张，而2000年之后新疆克拉玛依以及南疆地区也出现了人口较为集中的区域（图6）。

基尼系数的分析结果更加清晰的表明了人口格局的变化过程。新中国成立初期，东南半壁人口在各个城市中的分布是较为集中的（基尼系数0.408），但是到改革开放前人口不断趋于均衡（基尼系数下降到0.370），甚至到1990年之间依然延续了这一趋势（基

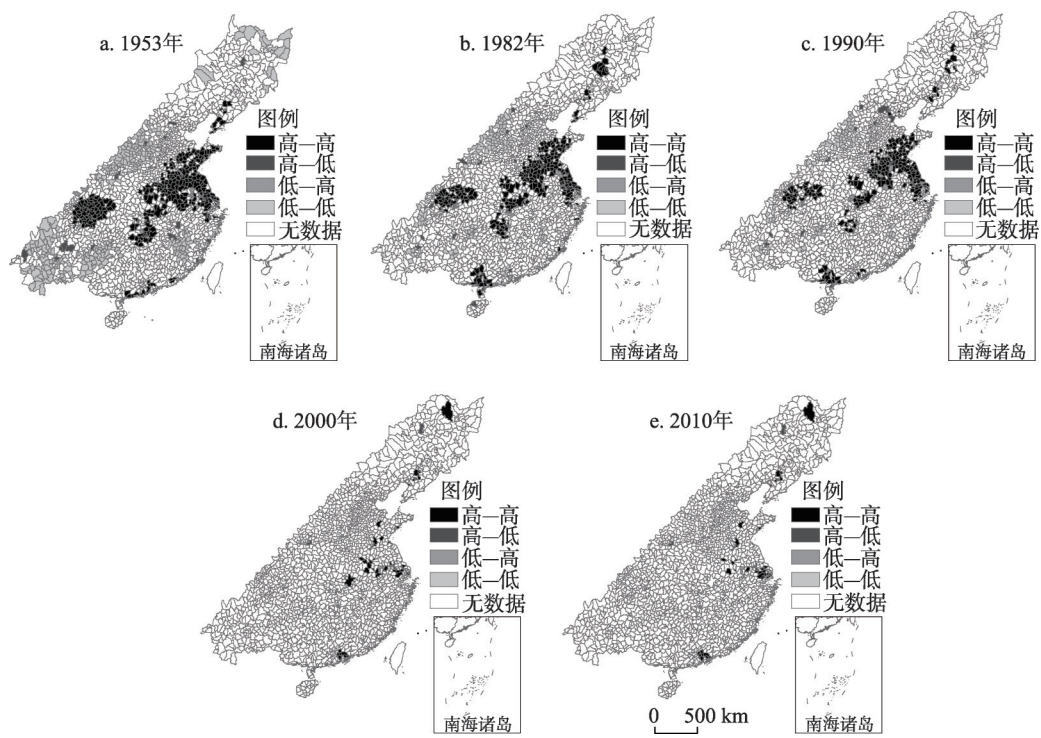


图5 不同时期中国东南半壁人口集聚模式变化趋势

Fig. 5 The changes of agglomeration pattern on the southeastern side of Hu Line in different periods

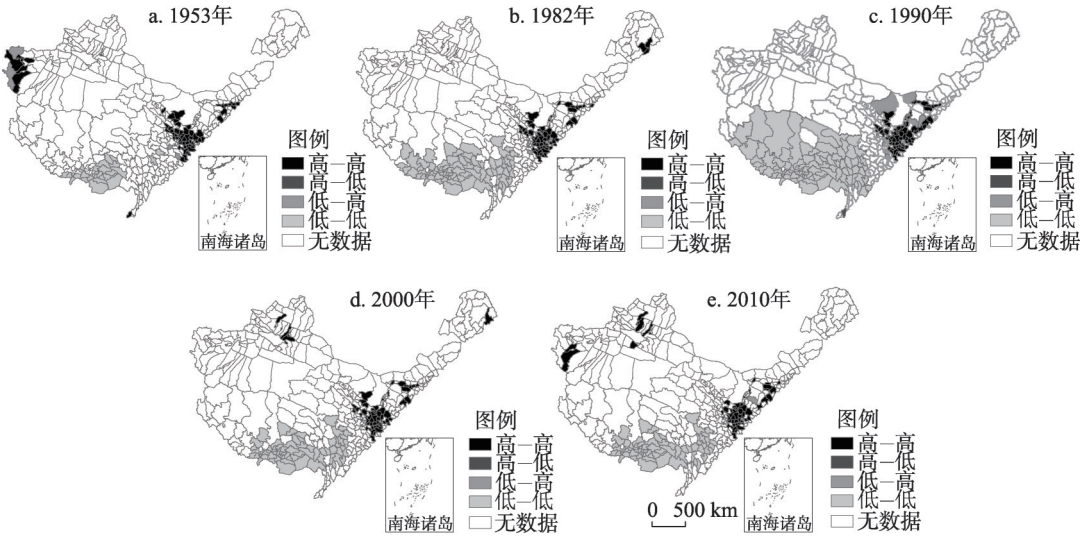


图6 不同时期中国西北半壁人口集聚模式变化趋势

Fig. 6 The changes of agglomeration pattern on the northwestern side of Hu Line

尼系数进一步下降到0.367)，但是之后的10年中人口迅速向少数大城市集中（基尼系数大幅提升到0.508），2000年以后也保持了这样的集聚状态；而西北半壁则是集中在少数城市的人口不断向其他城市转移和扩散的趋势（表3）。

表3 胡焕庸线两侧地区人口基尼系数变化趋势
Tab. 3 The changes of demographic Gini coefficient on both sides of Hu Line

	1953年	1982年	1990年	2000年	2010年
东南半壁	0.408	0.370	0.367	0.508	0.508
西北半壁	0.546	0.480	0.466	0.473	0.458

已有的研究也证明了这一过程。如葛美玲等^[4]对2000年人口分布的研究表明在东南半壁，人口密度超过500人/km²的人口密集区，在东南部占总人口规模的48.16%，而密度在10~100人/km²人口集聚度相对较低的区域，其占比仅为5.96%；但是就西南半壁来看，人口密度超过500人/km²的人口密集区，占其总人口规模的13.85%，而人口集聚度相对较低的区域，其占比则高达39.15%。戚伟等^[5]的研究也表明1982-2010年东南半壁人口负增长的区域快速增加，而人口增长的区域却在减少，呈现明显的马太效应；而西北半壁人口正增长区的面积规模要显著高于负增长区，呈现相对均势的状况。陈明星等^[19]对1953-2010年间人口密度空间格局变化的分析也表明，东南半壁人口快速向少数人口密集的区域集中。这些从人口密度、土地面积以及人口份额等角度的研究都表明，中国人口分布出现东南半壁不断极化，而西北半壁则一定程度上走向分散。

5 人口空间分布变化的影响因素分析

胡焕庸先生在1990年《中国人口的分布、区划和展望》一文中已经指出人口分布受到自然环境、经济发展和社会历史条件3个方面的影响。因此，本文主要通过对干旱/湿润分区、高程、地形地貌、人均GDP、从业人员、每万人拥有医生数量、人均粮食产量、工业化水平以及少数民族人口比重9个指标的定量分析，探究自然、经济与社会历史三大类因素对于人口分布的影响。这里再次应用地理探测器对影响中国人口分布因素的空间异质性进行测算，进而揭示人口空间分布变化的影响因素及其机制。

自然环境类因素包括干旱/湿润分区、高程和地形地貌3个指标；干湿分区依据中国科学院资源环境科学数据中心对全国干湿状况的划分，分为干旱、半干旱、半湿润、湿润/半湿润、湿润五大类型区；高程依据中国三大阶梯进行划分，具体参考蒋捷等^[27]的划分标准，海拔600 m以下为一级阶梯，海拔600~2600 m之间为二级阶梯，海拔2600 m以上为三级阶梯；地形地貌依据中国科学院资源环境科学数据中心对全国地形地貌的划分，将26个地貌类型综合为平原、台地、丘陵、山地4种类型。经济发展类因素包括人均GDP、从业人员、每万人拥有医生数量、人均粮食产量和工业化水平5个指标。人均GDP代表经济发展水平，从业人员表示地区吸纳就业的能力，每万人拥有医生数量代表了地区公用服务设施水平，人均粮食产量代表一个地区供养人口的水平，工业化水平代表了产业结构及发展阶段。各时期的人均GDP、从业人员规模、每万人拥有医生数、人均粮食产量5个指标均按自然断裂点法分为5类；工业化水平则参考库兹涅茨的产业结构三阶段理论，将中国工业化水平划分为工业化前期、工业化初期、工业化中期、工业化后期和后工业化时期5个阶段^[28]；社会历史类因素选取少数民族人口比重作为表征。本文按少数民族人口比重对地区进行划分，以10%和30%为分界值，将全国地区分为3类。

随着中国科学技术水平快速提高以及改革开放的不断推进,人们对于自然环境的改造和适应能力显著增强,市场也逐步成为支配经济活动的主要力量,同时经济发展也会引起地区社会结构等发生变化,这些都使得影响中国人口分布格局的主要因素及驱动力不断变化。本文通过各表征指标相对重要性的变化,反映自然环境、经济发展、社会历史3类因素对人口分布影响强度变动,进而揭示导致胡焕庸线两侧区域整体差异性降低的作用机制。总体来看,自然环境类因素和历史社会类因素对于中国人口分布的相对影响不断降低,而经济发展类因素则不断增强,这一结果符合本文的总体预期。1953年3个自然类因素的总体影响力(q 值为0.3132)明显高于经济发展类因素(q 值为0.2428),到1990年是两类影响因素的作用强度就十分接近(q 值分别为0.3239和0.3225),2000年以后经济发展类因素对人口分布的影响力就超过了自然环境类因素(表4)。

具体来说,多数经济发展类因素的相对影响呈现较为明显增强趋势,而仅少数自然类因素相对影响略有提升(表5)。一方面,表征发展水平的人均GDP、表征产业发展阶段的工业化水平和表征公共服务水平的万人拥有医生数3个指标对于中国人口分布的影响尽管有一定的波动但整体上呈现较为明显的上升趋势。人均GDP和工业化水平两个要素的变化趋势十分一致,改革开放之前和初期影响力都较弱,20世纪90年代影响力开始提升,2010年成为两个十分重要的要素;而万人拥有医生数的影响力则是到2010年才有显著提升,之前其相对影响一直很低,这样的结果表明随着改革开放政策的实施,经济发展对于人口的吸引力不断增强,从而显著的影响了中国的人口空间格局,而且从经济发展水平和公共服务水平对人口分布影响的先后顺序来看,只有当经济发展到较高水平时,公共服务才会对人口分布产生较为显著的影响。另一方面,不是所有的自然要素的影响力都是不断降低的,地形地貌的相对影响在20世纪90年代以后就出现一定的提升,超过了干旱或湿润气候条件的影响。三大类影响因素中都有一些要素对于人口分布的相对影响呈现明显的下降趋势(表5)。如自然因素中的干湿分区对于人口分布的相对影响在20世纪90年代之前是仅次于高程的第二大要素,但是之后其影响力快速降低;经济发展因素中,从业规模的相对影响在20

世纪90年代甚至2000年以前都是各经济发展要素中最高的,2000年以后出现显著降低,其相对影响也低于人均GDP和工业化水平;表征历史社会因素的少数民族占比也有同样的趋势,在改革开发之前和初期阶段对于中国人口分布具有一定影响力,但是2000年以来成为各要素中影响力最低

表4 不同时期三大类影响因素作用强度
(地理探测器 q 值)的变化趋势

Tab. 4 The changes of relative effect of three categories of factors

年份	自然环境类因素	经济发展类因素	社会历史类因素
1953年	0.313	0.243	0.061
1982年	0.383	0.314	0.091
1990年	0.324	0.323	0.064
2000年	0.094	0.101	0.017
2010年	0.094	0.139	0.0169

表5 不同时期各因素作用强度(地理探测器 q 值)的变化趋势

Tab. 5 The changes of relative effect of factors in different periods

年份	干湿分区	高程	地形地貌	人均GDP	从业人员	每万人口拥 医生数	人均粮食 产量	工业化 水平	少数民族 人口占比
1953年	0.097	0.155	0.062	0.053	0.086	0.036	0.020	0.047	0.061
1982年	0.117	0.194	0.072	0.044	0.101	0.071	0.086	0.012	0.091
1990年	0.096	0.163	0.065	0.072	0.104	0.039	0.039	0.070	0.064
2000年	0.023	0.045	0.026	0.026	0.028	0.018	0.030	0.026	0.017
2010年	0.022	0.044	0.028	0.038	0.024	0.025	0.020	0.031	0.017

的。自然因素中以三大阶梯为表征的高程,其对中国人口分布的影响力尽管由于科技的进步和社会经济的改革不断下降,但是长期以来一直稳定的作为影响中国人口格局最重要力量,表明尽管随着社会经济的发展自然环境对于人类的约束越来越小,但是一些大的自然环境条件依然对于人口分布有着决定性的影响(表5)。

自新中国成立以来,中国整体上经历了经济发展对人口的吸引力由弱转强而自然环境、社会历史及制度等约束则是由强转弱的过程。20世纪90年代以来经济发展水平和公共服务水平对于中国人口分布的相对影响迅速提升,与上节分析中东南半壁人口快速向长三角、珠三角等少数地区是比较吻合的。而与此同时自然环境对人口分布约束的下降,一定程度上解释了克拉玛依等一些自然承载力较低的城市能够快速的扩张。制度约束的减弱使得人们能够自由的流动,不再束缚于特定的岗位,而可以追求更高的收入,导致人均GDP相对影响力的上升和从业人员规模的下降。

中国特殊的制度环境导致了胡焕庸线两侧人口格局在相同的发展环境下朝相反的两个方向转变。20世纪90年代以前,在特殊的社会环境和制度约束下,使得东南半壁人口趋于均衡,而西北半壁更加集中。①严格的户籍制度。新中国成立后,为了解决城市大量的失业工人,政府积极推动失业人口到农村从事生产劳动;到20世纪50年代末期,为了进一步控制农村人口大规模的向城市流动,中国建立了城乡二元的户籍制度,限制的人口向城市集中。同时20世纪60年代末期的“上山下乡”运动,使得大量城市人口向农村转移。人口向农村转移的前提条件是有足够的耕地,东南半壁自然条件较好,可开垦土地较多,因此承接了大量的城市转移人口,导致人口在空间上的均衡化;而西北半壁大片的荒漠等,不适于耕作开垦,因此难以承载大量的转移人口。②中国长期以来“限制大城市,鼓励中小城市发展”的城市建设导向也促进了东南半壁的人口均衡化。20世纪80年代开始提出“限制大城市,鼓励中小城市发展”的城市建设导向,并载入了1989年颁布的《城市规划法》中,限制了大城市的发展,促进东南半壁城市间、区域间趋于均衡。而西北半壁城市规模普遍不大,因此并没有受到很大影响。③重工业化的经济发展策略推动了西北半壁人口的集中。新中国成立一直到改革开放前,中国一直采取优先发展重工业的赶超型工业化战略。重工业的发展对于矿产资源的依赖性很强,因此,国家在西部矿产资源丰富的地区集中建设了一批以资源型工业为主的城市,推动人口大规模向这些矿业城市集中。而在东部地区由于重工业吸纳就业能力较差,促使人口进一步向农村转移。户籍制度、城市发展导向和重工业化优先发展的战略等导致中国城镇化长期落后于工业化。改革开放后,特别是20世纪90年代以后,随着在经济吸引力的增强而其他各方面约束的减弱,在市场机制作用下东南半壁人口开始不断集聚,而西北半壁由于矿业城市的衰落以及较高的人口自然增长率,使得人口逐步趋于均衡。

6 结论与讨论

著名地理学家胡焕庸先生提出的从黑龙江瑷珲(现黑河)到云南腾冲的人口地理分界线,揭示了中国人口东密西疏的特点。本文主要采用地理探测器方法,对胡焕庸线两侧人口异质性特征、空间集聚模式及其影响因素进行了较为深入的探讨。结果表明:

(1)胡焕庸线作为中国最重要的人口分界线,其揭示出的东密西疏人口分布规律及其两侧人口大致94:6的比例,经历80多年来的经济社会快速发展与变化,仍基本保持稳定。这一规律性现象得到了充分证实。然而,从空间统计学分异特征来看该人口分界线可进一步优化调整,在1953年、2000年和2010年向东南方向偏转能够使两侧区域内部

各城市之间人口规模更趋均质,从而使两侧区域整体差异性更大。

(2) 基于地理探测器 q -值结果分析,新中国成立以来东西两侧人口分布的整体差异性趋于下降,两侧内部人口集聚模式发生着明显变化。东南半壁人口分布由改革开放之前和初期的相对均衡状态,在 20 世纪 90 年代以后迅速转变为以长三角、珠三角等少数区域为中心的集聚模式;西北半壁人口分布则由于克拉玛依等一些新兴城市的发展,使得人口集聚程度有所下降。人口基尼系数和累积分布函数的定量分析也都验证了这一变化过程。

(3) 从人口空间分布的影响因素看,经济发展类因素对于人口空间分布影响不断增强,而自然环境类、社会历史类因素影响降低,以及制度等约束在减弱。可能的原因是交通技术、信息化等条件的改善在一定程度上克服或降低了自然地理要素影响。但是需要强调的是,尽管自然类要素对人口分布影响逐渐下降,但是自然地理的三大阶梯等地理本底依然是中国人口空间格局的重要基础。

(4) 地理探测器结合了 GIS 空间叠加技术和集总论,该方法以空间数据层内方差最小、层间方差最大为条件,可以有效地判别变量的空间分层异质性、识别多因子之间的关系。本文将地理探测器用于胡焕庸线两侧人口空间分布特征识别取得了很好的效果。该方法可以更加广泛的运用到人文与经济地理过程和现象的空间异质性识别以及多因子关系认知。

目前中国处于快速城镇化的阶段,人口的空间格局及其变化仍是城镇化研究的重要方向。从本文的结果来看,由于经济发展因素在人口分布中的重要性越来越大,而自然环境、制度等影响降低,人口将逐步向国家重点发展的城市群区域集中,未来人口格局可能形成以城市群为核心的多个大型人口集聚区。由于国家十三五重点发展的城市群中仅兰西城市群、乌昌石城市群等少数城市群位于胡焕庸线以西的地区,因此,可以预期胡焕庸线仍将十分稳定。但城市群地区尤其是其核心城市,与非城市群地区之间人口集聚状况将发生深刻变化,使得区域内部人口格局的变化成为未来研究的重点。

参考文献(References)

- [1] Ding Jinhong, He Shujin. Population geography and the future of urbanization in China: Symposium for Commemorating the 80th Anniversary of the Discovery of Hu Huanyong Line was held in Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(12). [丁金宏, 何书金. 中国人口地理格局与城市化未来: 纪念胡焕庸线发现 80 周年学术研讨会在上海举行. *地理学报*, 2015, 70(12): 封 2.]
- [2] Tien H Y. China's Population Struggle: Demographic Decisions of the People's Republic of China, 1949-1969. Ohio State University Press, 1973.
- [3] Hu Huanyong. The distribution, regionalization and prospect of China's population. *Acta Geographica Sinica*, 1990, 45(2): 139-145. [胡焕庸. 中国人口的分布、区划和展望. *地理学报*, 1990, 45(2): 139-145.]
- [4] Ge Meiling, Feng Zhiming. The study on China's population distribution based on GIS. *Population Research*, 2008, 32(1): 51-57. [葛美玲, 封志明. 基于 GIS 的中国 2000 年人口之分布格局研究: 兼与胡焕庸 1935 年之研究对比. *人口研究*, 2008, 32(1): 51-57.]
- [5] Qi Wei, Liu Shenghe, Zhao Meifeng. Study on the stability of Hu Line and different spatial patterns of population growth on its both sides. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(4): 551-566. [戚伟, 刘盛和, 赵美凤. “胡焕庸线”的稳定性及其两侧人口集聚模式差异. *地理学报*, 2015, 70(4): 551-566.]
- [6] Liu Ruiwen, Feng Zhiming, Yang Yanzhao, et al. Research on the spatial pattern of population agglomeration and dispersion in China. *Progress in Geography*, 2010, 29(10): 1171-1177. [刘睿文, 封志明, 杨艳昭, 等. 基于人口集聚度的中国人口集聚格局. *地理科学进展*, 2010, 29(10): 1171-1177.]
- [7] Han Jiafu, Li Hongsheng, Zhang Zhong. Classification method of population density map based on Lorenz Curve. *Journal of Geo-information Science*, 2009(6): 833-838. [韩嘉福, 李洪省, 张忠. 基于 Lorenz 曲线的人口密度地图分级方法. *地球信息科学*, 2009(6): 833-838.]
- [8] TianYongzhong, Chen Shupeng, Yue Tianxiang, et al. Simulation of Chinese population density based on land use. *Acta*

- Geographica Sinica, 2004, 59(2): 283-292. [田永中, 陈述彭, 岳天祥, 等. 基于土地利用的中国人口密度模拟. 地理学报, 2004, 59(2): 283-292.]
- [9] Zhuo Li, Chen Jin, Shi Peijun, et al. Modeling population density of China in 1998 based on DMSP/OLS nighttime light image. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(2): 266-276. [卓莉, 陈晋, 史培军, 等. 基于夜间灯光数据的中国人口密度模拟. 地理学报, 2005, 60(2): 266-276.]
- [10] Lo C P. Modeling the population of China using DMSP operation linescan system nighttime data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2001, 67(9): 1037-1047.
- [11] Bai Yongping, Zhou Peng, Wu Rongwei, et al. The floating population and its effects on urbanization in cities above prefecture level in China. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2016(9): 78-84. [白永平, 周鹏, 武荣伟, 等. 中国地级及以上城市人口流动对城镇化效应分析. 干旱区资源与环境, 2016(9): 78-84.]
- [12] Gao Xiangdong, Wang Xinxian, Zhu Beiqian. Distribution and change of the ethnic minority population in China: A "Hu Line" perspective. Population Research, 2016, 40(3): 3-17. [高向东, 王新贤, 朱蓓倩. 基于“胡焕庸线”的中国少数民族人口分布及其变动. 人口研究, 2016, 40(3): 3-17.]
- [13] Yang Bo. Study on population distribution pattern at the county level of China. Northwest Population Journal, 2014, 35(3): 33-36. [杨波. 中国县域人口空间分布格局研究. 西北人口, 2014, 35(3): 33-36.]
- [14] Ding Jinhong. Premier Li Keqiang's question and Hu Line's break: An interdisciplinary dialogue on economic strategy and geographical restriction. Exploration and Free Views, 2016(1): 36-38. [丁金宏. 李克强之问与胡焕庸线之破: 跨学科对话: 经济战略与地理约束. 探索与争鸣, 2016(1): 36-38.]
- [15] Wang Zheng. Geographical nature: A question on the breakthrough of Hu Line. Exploration and Free Views, 2016(1): 43-45. [王铮. 地理本性: 胡焕庸线的突破与打破问题. 探索与争鸣, 2016(1): 43-45.]
- [16] Zhu Baoshu. A review of China's population migration and Hu Line. South China Population, 2016(1): 1-8. [朱宝树. 我国人口迁移大势和胡焕庸线思考. 南方人口, 2016(1): 1-8.]
- [17] Wang Kaiyong, Deng Yu. Can new urbanization break through the Hu Huanyong Line? Further discussion on the geographical connotations of the Hu Huanyong Line. Geographical Research, 2016, 35(5): 825-835. [王开泳, 邓羽. 新型城镇化能否突破“胡焕庸线”: 兼论“胡焕庸线”的地理学内涵. 地理研究, 2016, 35(5): 825-835.]
- [18] Lu Dadao, Wang Zheng, Feng Zhiming, et al. Academic debates on Hu Huanyong population line. Geographical Research, 2016, 35(5): 805-824. [陆大道, 王铮, 封志明, 等. 关于“胡焕庸线能否突破”的学术争鸣. 地理研究, 2016, 35(5): 805-824.]
- [19] Chen Mingxing, Li Yang, Gong Yinghua, et al. The population distribution and trend of urbanization pattern on two sides of Hu Huanyong population line: A tentative response to Premier Li Keqiang. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(2): 179-193. [陈明星, 李扬, 龚颖华, 等. 胡焕庸线两侧的人口分布与城镇化格局趋势: 尝试回答李克强总理之问. 地理学报, 2016, 71(2): 179-193.]
- [20] Wang J F, Li X H, Christakos G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1): 107-127.
- [21] Hu Y, Wang J F, Li X H, et al. Geographical detector-based risk assessment of the under-five mortality in the 2008 Wenchuan earthquake, China. PLoS ONE, 2011, 6(6): e21427.
- [22] Li X W, Xie Y F, Wang J F, et al. Influence of planting patterns on Fluoroquinolone residues in the soil of an intensive vegetable cultivation area in north China. Science of the Total Environment, 2013, 458-460: 63-69.
- [23] Wang J F, Hu Y. Environmental health risk detection with Geo-Detector. Environmental Modelling & Software, 2012, 33: 114-115.
- [24] Liu Yansui, Yang Ren. The spatial characteristics and formation mechanism of the county urbanization in China. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(8): 1011-1020. [刘彦随, 杨忍. 中国县域城镇化的空间特征与形成机理. 地理学报, 2012, 67(8): 1011-1020.]
- [25] Zhan Dongsheng, Zhang Wenzhong, Yu Jianhui, et al. Analysis of influencing mechanism of residents' livability satisfaction in Beijing using geographical detector. Progress in Geography, 2015, 34(8): 966-975. [湛东升, 张文忠, 余建辉, 等. 基于地理探测器的北京市居民宜居满意度影响机理. 地理科学进展, 2015, 34(8): 966-975.]
- [26] Wang J F, Zhang T L, Fu B J. A measure of spatial stratified heterogeneity. Ecological Indicators, 2016, 67: 250-256.
- [27] Jiang Jie, Yang Xin. Quantitative segmentation of the three gradient terrain of China based on DEM. Geomatics World, 2009, 7(1): 8-13. [蒋捷, 杨昕. 基于DEM中国地势三大阶梯定量划分. 地理信息世界, 2009, 7(1): 8-13.]
- [28] Kuznets S S. Economic Growth of Nations. Beijing: The Commercial Press, 1985. [西门. 库兹涅茨. 各国经济的增长 (中译本). 北京: 商务印书馆, 1985.]

Spatial heterogeneity and its changes of population on the two sides of Hu Line

LI Jiaming¹, LU Dadao^{1,2}, XU Chengdong¹, LI Yang³, CHEN Mingxing^{1,2}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. State Key Laboratory of Resources and Environment Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 4. China Center for Modernization Research, CAS, Beijing 100190, China)

Abstract: Hu Line uncovers one of China's most important characteristics of population paper distribution: East is dense, while west is sparse. Different from most previous research, this paper examined the differentiation and changes of population distribution on both sides of Hu Line from a perspective of spatial stratified heterogeneity instead. Geodetector was employed based on the spatial database of China's census data of 1953, 1982, 1990, 2000 and 2010 to reconfirm spatial position of Hu Line and analyzed changes of spatial stratified heterogeneity of population between southeast and northwest sides of Hu Line in different periods. Changes of population distribution since the founding of New China were found and the reasons for these changes were discussed. Major findings include: (1) From the spatial stratified heterogeneity perspective, Hu Line could be improved and optimized, at least, in some periods. Although the ratio of total population on both sides of Hu Line has roughly been kept at 94:6 since 1953, spatial stratified heterogeneity of population between the two sides (the southeastern side: the northwestern side) increased when Hu Line moves to south slightly in 1953, 2000 and 2010, which means population distribution was more homogeneous within either southeastern or northwestern region and heterogeneity was more remarkable between the two regions. (2) Heterogeneity decreased gradually since the reform and opening up. We found characteristics of population distribution converged on the two sides, especially since the 1990s when convergence between the two sides became apparent. This finding is significantly different from the conclusion of "remain unchanged" from most literatures. The reasons why heterogeneity reduced were: pattern of population distribution on the southeastern side changed from relatively even distribution among cities before 1990 to agglomeration in a few huge cities after 2000, while the degree of spatial agglomeration of population decreased slightly after the reform on the northwestern side. These changes have been confirmed by the analysis from cumulative distribution function and Gini coefficient. (3) On the whole, the effect of economic factors on population distribution has become more and more important, while the effect of natural environment and institution reduced. Combined effect from economic development, natural environment and institution resulted in two opposite directions of changes of population spatial distribution on the two sides. It should be emphasized that although general effect of natural environment has decreased, some natural factors, such as Three Gradient Terrains, still have significantly influence on population distribution in China.

Keywords: Hu-Line; population distribution; spatial heterogeneity; agglomeration; dispersion; Geodetector