

1935-2010年中国人口分布空间格局及其演变特征

杨 强¹, 李 丽², 王运动¹, 王心源², 陆应诚³

(1. 南京林业大学土木工程学院, 南京 210037; 2. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100094;

3. 南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210046)

摘要: 在自然地理和社会经济等因素影响作用下, 中国东西部人口分布与社会经济长期处于不平衡的发展态势。采用人口分布结构指数、基尼系数、重心迁移、空间自相关等方法, 以中国1935-2010年6期人口普查县级统计数据为数据源, 实现人口密度分界线的空间刻画和中国人口分布的时空分析。结果表明: 受社会历史、自然环境和经济条件的影响, 中国人口空间分布的时空演变特征差异相对明显; 尽管人口分布的均衡性发展态势不断增强, 但总体空间格局并未发生明显的改变; 胡焕庸线至今仍能很好地概括中国人口东南地狭人稠、西北地广人稀的空间格局, 但该线西侧的甘肃、宁夏、内蒙古等人口密度超过50人/km²的区域面积呈现增长的趋势, 且持续向西北扩张。

关键词: 胡焕庸线; 人口分布; 空间格局; 时空演变

DOI: 10.11821/dlyj201608012

1 引言

人口空间分布格局及其时空演变研究是人文地理学研究的热点, 也是人文地理学研究的核心内容^[1,2]。中国人口众多、地域辽阔、自然环境多样, 研究中国人口分布状况, 揭示人口分布与其影响因素的相关关系, 对实现中国人口、资源、环境的可持续发展有着重要作用^[3-5]。在自然地理环境、社会历史和经济发展等多元要素的共同作用下, 自汉晋时期, 全国人口与经济重心持续向东南迁移, 逐渐形成了东南地狭人稠、西北地广人稀的人口分布格局^[6]。1935年地理学家胡焕庸先生在《中国人口之分布》一文中用瑗琿(现爱辉)一腾冲线(即“胡焕庸线”)论证了这一现象, 揭示了人口分布差异规律和中国资源环境区域差异特征, 成为国内外人口研究的重要参照^[7,8]。胡焕庸线直观地反映出了中国人口地理空间分布的东西差异, 是中国人文地理状况(如风俗文化、历史遗产、产业布局、社会经济、农牧交错带、城镇格局等)和自然地理状况(如气候变化、地质地貌、自然资源、生态承载力等)的重要分界线, 在自然地理学、经济地理学等学科上均具有重要的研究意义和实践价值^[9-14]。

随着城镇化、工业化和全球化进程的加速推进, 中国人口空间分布格局必将重塑, 因而人口地理研究在中国这样一个地域辽阔、人口众多的大国将具有重要意义^[8,15,16]。在传统的人口分布研究中多采用统计分析的方法来定性、定量地描述人口变化特征, 但随

收稿日期: 2016-02-01; 修订日期: 2016-05-03

基金项目: 中国科学院数字地球重点实验室开放基金项目(2014LDE013); 国家自然科学基金项目(41271427, 41371014); 江苏省测绘地理信息科研项目(JSCHKY201507)

作者简介: 杨强(1982-), 男, 河南许昌人, 博士, 讲师, 主要从事环境遥感与全球变化研究。

E-mail: qiangyang@njfu.edu.cn

通讯作者: 李丽(1988-), 女, 山东泰安人, 博士研究生, 主要从事遥感应用研究。E-mail: lili2014@radi.ac.cn

1547-1560 页

随着空间信息技术的发展,地理信息系统因具有其他学科难以代替的良好的空间数据管理与分析能力,能将人口空间分布的表达更加趋于直观、形象,逐渐成为国内外学者研究人口空间分布问题的最有力工具^[17]。基于地理信息系统的空间分析方法,以中国6期(1935年、1964年、1982年、1990年、2000年和2010年)人口普查县级统计数据为数据源,以人口密度数据为主要指标,通过与胡焕庸线的地理位置进行对比,来分析中国人口密度变化的时空特征和变化趋势,挖掘和展示隐藏在人口数据背后的信息,揭示人口分布现象的内在联系,为解决东西部协调发展问题提供科学参考,为指导中国的经济布局、民政建设、交通发展和环境管理提供科学参考。

2 研究方法

2.1 人口数据源及其空间插值

数据源主要包括1935年、1964年、1982年、1990年、2000年和2010年6期户籍人口数据和全国县市级行政区划矢量数据,其中,1935年人口数据主要源自1934年胡焕庸文章^[7]中的人口统计数据,1964年和1982年人口数据均来自中华人民共和国人口统计资料汇编,1990年、2000年和2010年人口数据是全国第四、第五和第六次人口普查数据,县市级行政区划数据是1:100万矢量图。由于数据以县级行政单位为界线,未能充分反映人口空间分布的联系性,为有效展现和研究全国人口分布的空间格局与变化趋势,利用ArcGIS 10.0对各期的人口统计数据和行政区划数据进行空间关联和数据修订,继而利用反距离插值对分县人口统计数据数据进行空间化处理^[18,19]。Z点值的计算公式为^[18,19]:

$$d_i^2 = (X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 \quad (1)$$

$$Z = \left[\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^2} \right] / \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2} \right] \quad (2)$$

式中: X_i 、 Y_i 分别为离散点的坐标; Z_i 为周围点的人口统计值。在空间插值过程,反距离插值法可尽可能地拟合采样点,其方法在运算过程中相对稳定,对中国东部和南部地区人口分布密度的空间插值可得到较好的效果。对于西北部地区,因受样点的空间密度和空间分布的限制,反距离插值方法则会引起西北地区人口密度插值结果的局部异常,故采用平均人口分布密度对异常区域数据作替换处理,以保证数据空间分布的准确性。

2.2 人口分布指数

2.2.1 人口分布结构指数 人口分布结构指数是研究特定区域人口分布集中或分散趋势的常用指标^[20,21],包括人口分布不均衡指数和集中指数,二者的计算公式分别为^[20,21]:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{2}}{2} (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

$$C = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (4)$$

式中: U 为不均衡指数; C 为集中指数; n 为研究区个数; x_i 为*i*区人口与研究区总人口的比值; y_i 为*i*区面积与研究区土地总面积的比值。 U 和 C 的值越小,表示人口分布越平衡;反之,表示人口分布越集中。从整体上, U 值和 C 值反映出不同时期全国人口空间分布的均衡性程度。

2.2.2 人口重心 人口重心是衡量人口空间分布的重要指标,能表现区域人口分布的总趋势和中心区位,其变动轨迹还可反映出一定历史时期内人口分布时空演变特征及其密切

相关的经济重心、工业重心等多元要素的变动偏离情况^[1,21,22]。人口重心计算公式为^[1,21,22]：

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (5)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (6)$$

式中： n 表示研究区内统计单元个数； X 、 Y 分别表示研究区人口重心的经度和纬度； X_i 、 Y_i 、 P_i 分别表示 i 统计单元中心的经度、纬度和人口数量。设第 j 、 k 年份人口重心分别为 P_j (X_j , Y_j) 和 P_k (X_k , Y_k)，以第 j 年为起点，第 k 年为终点，人口重心移动的距离模型可以表示为^[21,22]：

$$D_{j-k} = \sqrt{(X_j - X_k)^2 + (Y_j - Y_k)^2} \quad (7)$$

人口重心转移及重心距离在一定程度上反映出了中国人口的空间变化趋势，尤其是重心距离的变化，则能反映全国人口变化的剧烈程度。

2.2.3 基尼系数 借鉴洛伦兹曲线的方法，利用人口与面积累积建立中国人口分布洛伦兹曲线，通过计算其所对应的基尼系数来定量地评价中国人口空间分布的不均性^[23,24]。基尼系数是针对洛伦兹曲线而提出的判断收入分配平均程度的指标^[25]，其数值是洛伦兹曲线图中绝对平均线与洛伦兹曲线之间的面积和绝对平均线与绝对不平均线（135°直线）之间的面积之比，取值范围为[0,1]，其值的大小定量反映了所描述现象的均匀程度，其计算公式为^[23,24]：

$$G = 1 - \frac{1}{n} (2 \sum_{i=1}^{n-1} W_i + 1) \quad (8)$$

2.2.4 空间自相关分析 空间自相关是利用统计学方法对研究变量的空间自相关性程度进行计算来研究地理空间中特定地理单元与周围单元的关系，分析这些研究单元在空间上的分布特征，进而确定研究变量在空间上相关性及其相关程度，是衡量空间自相关程度最常用的方法^[17,26]。

(1) 全局空间自相关模型

全局空间自相关反映了研究变量在整个研究区域的总体特征，是判断变量是否与相邻空间有关的指标，是最常用来探测整个研究区域空间分布特征的全局关联指数，其计算公式为^[17,27]：

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (W_{ij}) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (9)$$

式中： n 是地区总数； W_{ij} 是空间权重； X_i 和 X_j 分别是研究单元 i 和 j 的人口密度； \bar{X} 是人口密度的平均值。全局Moran指数在[-1,1]之间。当全局Moran指数大于0时，表示人口分布空间正相关；当全局Moran指数趋向于1时，则表明人口密度相似区集聚，即人口稠密区与人口稠密区相邻或人口稀疏区与人口稀疏区相邻；当全局Moran指数等于0时，表明人口分布不存在空间自相关性；当全局Moran指数小于0时，表示人口分布呈空间负相关，同时，如果趋向于-1时，则表明相异人口密度区集聚，即人口密度相差较大的区域相邻^[26]。

(2) 局部空间自相关模型

全局空间关联指数虽能反映出研究区总体变量与周围空间单元之间的平均差异程度，却难以探测局部区域的空间关联模式及其相关程度^[26]，而局部空间关联指数则可有效地揭示空间参考单元与其邻近单元之间的相关性，度量每个研究单元与周围单元之间

的局部空间相关性^[1,17]。采用 Local Moran's *I* 作为研究方法, 其计算公式为^[1,17]:

$$I_i = \frac{n(X_i - \bar{X}) \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

(10)

式中: \bar{X} 是研究区人口密度平均值。

3 结果分析

3.1 人口空间分布特征

人口密度是表现人口分布最主要形式和衡量人口分布地区差异的主要指标^[8,20]。以人口密度作为主要指标, 通过反距离空间插值实现五期中国人口空间化表达, 采用渐变等值图来绘制中国人口分布图。

人口密度级别分割可直观地反映人口分布情况, 有利于揭示人口分布的空间特征和演化过程^[28]。利用等间隔法将人口密度分为9级(表1): 集聚核心区(人口密度 ≥ 1000 人/km²)、高度集聚区(人口密度在500~1000人/km²)、中度集聚区(人口密度在400~500人/km²)、低度集聚区(人口密度在200~400人/km²)、一般过渡区(人口密度在100~200人/km²)、相对稀疏区(人口密度在50~100人/km²)、绝对稀疏区(人口密度在25~50人/km²)、极端稀疏区(人口密度在1~25人/km²)、基本无人区(人口密度在0~1人/km²), 以揭示全国人口分层集聚特征及其空间分布特征(图1)。从表1中可看出, 1935-2010年中国相对稀疏区、绝对稀疏区、极端稀疏区和基本无人区人口密度比例呈现下降趋势, 而面积比例也呈下降趋势, 且面积变化比例要远大于人口密度比例, 中国人口整体密度是不断增加的。低度集聚区和一般过渡区的人口密度呈现下降趋势, 但面积整体变化不大, 即这两个区域人口密度不断增加, 向高集聚区转化。高度集聚区、中度集聚区和集聚核心区的人口密度增加了47.2%, 但面积仅增加了16%左右, 二者的增长比例呈现出严重的不平衡。

3.2 人口分布均衡变化特征

按人口密度从高到低进行排序, 将面积数据和人口数据逐县分别进行累加计算, 获得按人口数量排序后的各县对应的累积面积和累积人口, 然后分别计算人口累积百分比(累积人口/全国总人口数)和面积累积百分比(累积面积数/全国总面积), 进而计算出

表1 1935-2010年中国人口密度分级单元面积和人口比例统计表(%)

Tab. 1 The subarea and population proportion of different population density levels in China during 1935-2010

年份 \ 密度级	1935年		1964年		1982年		1990年		2000年		2010年	
	人口	面积	人口	面积	人口	面积	人口	面积	人口	面积	人口	面积
集聚核心区	3.27	0.10	6.51	0.46	11.63	1.08	10.97	1.15	23.48	2.92	24.61	3.43
高度集聚区	7.41	0.62	11.68	2.02	28.67	7.00	28.53	7.60	31.36	8.85	31.76	9.71
中度集聚区	6.00	0.71	10.87	2.78	11.68	4.09	11.14	3.35	7.28	3.17	7.55	3.62
低度集聚区	33.85	6.49	35.34	13.91	23.10	12.74	22.39	11.15	17.20	11.89	17.39	13.16
一般过渡区	23.82	8.72	19.96	15.74	15.35	16.85	17.38	16.70	12.74	17.46	12.25	18.33
相对稀疏区	14.76	10.44	10.01	15.38	6.02	12.76	5.94	11.83	5.11	13.40	3.93	11.29
绝对稀疏区	4.89	7.02	3.34	10.08	1.89	8.06	1.88	7.80	1.43	7.67	1.30	7.90
极端稀疏区	5.77	47.82	2.25	31.67	1.63	30.60	1.75	40.32	1.40	30.52	1.20	28.38
基本无人区	0.23	18.09	0.04	7.95	0.02	6.81	0.03	0.01	0.01	4.12	0.01	4.20

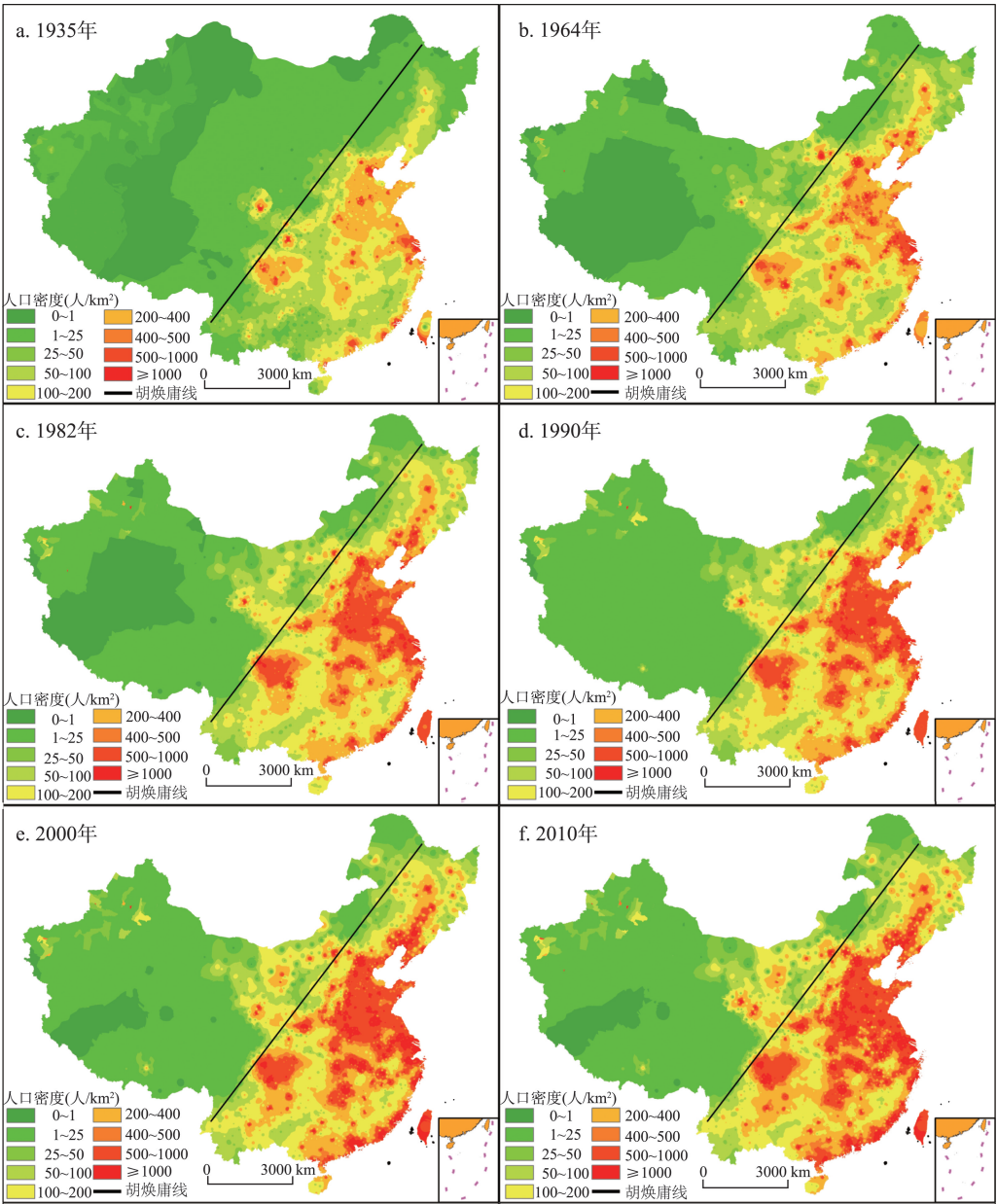


图1 1935-2010年全国人口空间分布

Fig. 1 Spatial distribution maps of population in China during 1935-2010

1935年、1964年、1982年、1990年、2000年和2010年六期的人口密度基尼系数^[25]。

根据联合国有关组织规定,人口密度的基尼系数为0.40时是收入分配平衡和人口空间分布均匀的警戒线。从图2可知,中国人口密度基尼系数均在0.50以上,则说明1935-2010年中国人口空间分布始终处于极不均匀的状态。同时,基尼系数的大小变化可量化的显示人口空间分布的集聚和疏散的过程。在过去的75年里,中国人口密度基尼系数经历了1935-1982年快速下降和1982-2010年缓慢上升两个阶段。1935年以后,由于抗日战争的爆发,人口大量由东部地区向西部地区迁移;新中国成立后,由于屯田戍边、三线

建设、上山下乡等政策使西部人口加速增长，人口分布趋于分散；改革开放后，东南区域的经济高速发展刺激经济重心南移，人口大量随之流向东南，东南人口迅速增加，与西部差异加大，人口分布趋于集聚。

人口的集疏趋势也可利用不均衡指数和集中指数来衡量^[29]。结合衡量人口分布空间均衡性指标的基尼系数可有效地证明人口分布的均衡发展状态（图3）。人口分布不均衡指数和集中指数减小，表示人口趋于分散；反之，表示人口趋于集中。1935-2010年，人口分布不均衡指数从0.00342下降到0.00101，人口集中指数从0.67204下降到0.58451，中国人口分布均衡性发展态势在不断增强，这与历史上西部垦荒、三线建设和现在的西部大开发等有关。

3.3 人口密度分界线的空间刻画

以50人/km²的人口密度为界线将全国划分为东南地区和西北地区两部分（图4），可发现：从时间上，1935-2010年人口密度分界线呈现速率不断减小而又持续向西扩张的趋

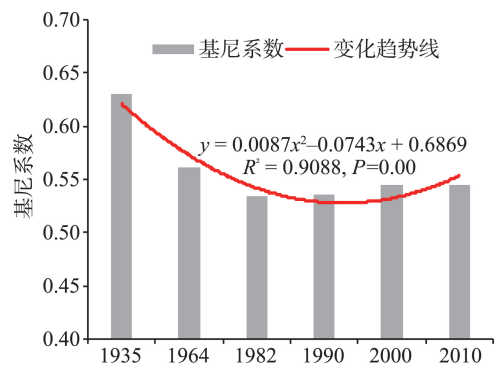


图2 1935-2010年中国人口密度基尼系数

Fig. 2 The Gini coefficients for population density in China during 1935-2010

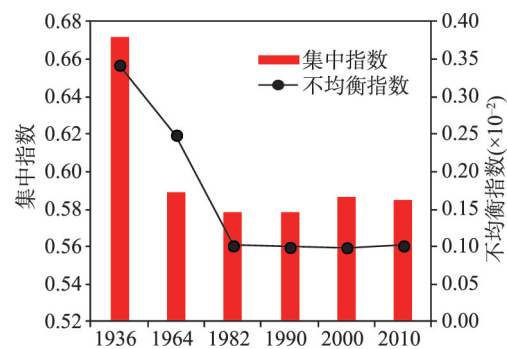


图3 1935-2010年中国人口分布均衡指数

Fig. 3 The balance index of population distribution in China during 1935-2010

势。1935-1964年人口密度分界线向西扩张的幅度最大，1964-2010年人口密度分界线以较低的速率向西扩张。在空间上，黑龙江、吉林、辽宁、宁夏、甘肃和云南的人口密度分界线变化较大，尤其是宁夏和甘肃两省（区）的人口密度分界线扩张幅度最大。1935-1964年东北和西南地区的人口密度分界线快速扩张，1982年后其人口密度分界线基本保持稳定，而甘肃和宁夏地区在1935-2010年保持着快速的扩张趋势，其他区域保持相对稳定的态势。因此，胡焕庸线依然很好地体

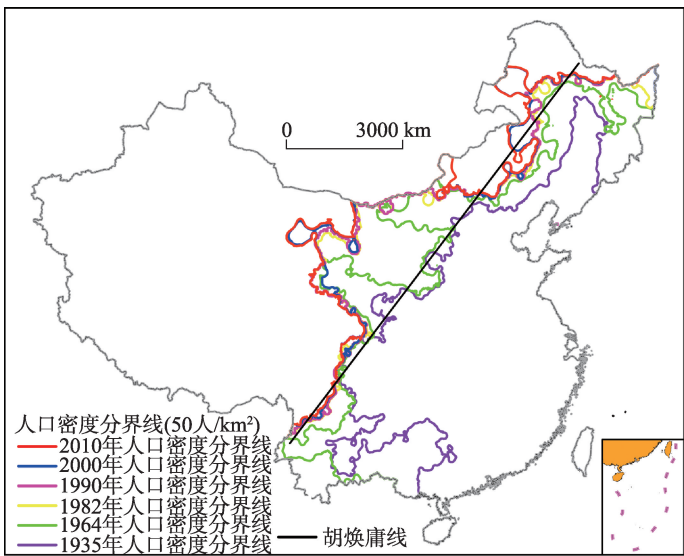


图4 1935-2010年中国人口密度分界线

Fig. 4 The boundary lines of population density in China during 1935-2010

现中国人口分布格局,但随着中国人口稠密地区的范围不断扩大,该线西侧甘肃、宁夏和内蒙古地区的人口分布密度呈持续增加态势。

按照 1935-2010 年人口密度分界线将中国分为东南和西北两部分,分别统计两部分的人口比重和面积比重,以定量地验证胡焕庸线存在的正确性及其相对稳定性。1935 年东南—西北两部分国土面积分别占全国总面积的 26.73% 和 73.27%,人口所占比例分别为 86.60% 和 13.4%。与之相比,由于边疆变动和战争等因素的影响,1964 年,西北面积比重下降为 57.11%,人口比重上升为 23.45%,与之相对应的东南人口与面积比重为 76.55% 和 42.89%。1964-2010 年东南地区的人口与面积比重持续上升,西北地区的人口与面积比重不断减少。1964-2000 年东南人口比重以近似相同的速率增加,分别增加了 6.47%、9.48%,而且东南面积也在不断的增加,分别增加了 7.47%、2.28%。2000-2010 年,东南人口和面积比重基本趋于稳定状态,人口比重减少了 0.83%,面积比重增加了 0.93%。因此,1935-2010 年中国东南地狭人稠,西北地广人稀的人口分布格局没有发生较大的改变,而且这种人口分布格局在不断强化加深,胡焕庸线依然可很好地概括中国人口分布的空间格局。

3.4 人口重心时空转移

人口分布重心可通过迁移曲线来表征人口的空间分布和演化方向^[1]。将各年份的人口重心依次连接,得到人口重心变动轨迹图(图 5 和表 2),来反映人口分布的时空演变过程。同时,人口重心的迁移方向描述了人口空间分布演化的趋势和方向,迁移速度则反映了人口分布演化的速率。1935-2010 年中国人口重心始终在河南省信阳、确山和铜山县境内移动,经度移动了 18.01',纬度移动 17.57',移动幅度较小,且始终均位于中国几何重心(103°50'E, 36°0'N)的偏东或偏南方向。因此,中国人口空间分布始终处于不平衡的状态,其空间格局未发生较大的转变,人口再分配的活跃程度低。除 1982-1990 年受改革开放和人口向东南集聚的影响外,其他时间段的人口重心在经度方向上持续向西移动,在纬度方向上,除了 1935-1964 年,其他年份均向南移动,即中国人口分布时空变化特征虽然不尽相同,但总体趋势正由东向西、由北向南倾斜。

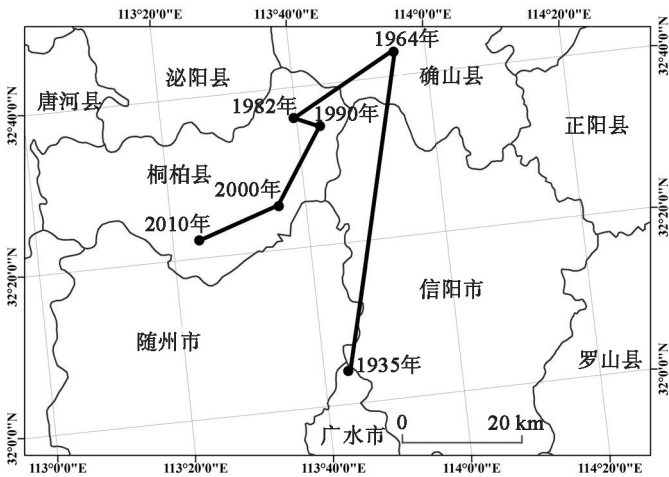


图5 1935-2010 年中国人口重心演变轨迹

Fig. 5 The movement trace of population center of gravity in China during 1935-2010

表 2 1935-2010 年中国县级人口重心移动方向与速度
Tab. 2 The movement direction and speed of population center of gravity at county level in China during 1935-2010

时期	移动方向	移动速度 (m/年)
1935-1964 年	东北	2532
1964-1982 年	西南	1518
1982-1990 年	东南	791
1990-2000 年	西南	2039
2000-2010 年	西南	1974

中国人口重心的迁移受国家相关政策的影响,与经济、政治重心的转移有着较强的相关性。1935-1964年,前期由于抗战期间东北没受到过多战争的影响,中原地区正遭受自然与人为灾害,致使人口大批迁入东北,后期是由于建国初期全国建设重点在京津、东北地区,东北、京津和华北的人口增长快于南方;1964-1982年人口重心向西南迁移,原因在于中国政府在中西部13个省、自治区进行“三线”建设,大批人口迁移进入中西部地区,人口增长快于其他区域;1964-1982年中国开始进行改革开放,东南各省经济高速发展导致人口大量向东南经济发展水平较高的区域集聚;2000-2010年人口重心继续向西南转移,这与改革开放的深化、东南经济的持续高速发展状况相吻合。

3.5 人口分布的空间分析

3.5.1 全局自相关分析 全局 Moran's *I* 指数反映了人口分布在整个区域空间的总体特征,Z检验值反映了 Moran's *I* 指数的显著检验水平。在6期的数据中,全局 Moran's *I* 值与 Z 检验值均为正,且 *P* 为 0.05,即在 99.5% 置信度下,中国人口分布存在着正向的空间自相关性,人口空间分布存在空间集聚特征(表 3)。从整体上看,1935-1964 年,全局 Moran's *I* 值与 Z 检验值增大,人口的空间集聚程度在不断增强;1964-1982 年,虽受上山下乡运动等因素影响,在一定程度上中国

东部人口得到分散,但随着文化大革命的结束,也出现了返城的热潮,故全局 Moran's *I* 值与 Z 检验值虽在一定程度上减小,但人口的空间集聚变化不大。1982-2010 年,受全国经济战略的影响,如西部大开发等,全局 Moran's *I* 值与 Z 检验值不断下降,人口的空间集聚程度减弱,人口分布趋于分散。

3.5.2 局部自相关分析 (1) Moran 散点图:计算获得了 1935 年、1964 年、1990 年、1982 年、2000 年和 2010 年中国县级行政单元的人口密度分布的 Moran's 散点图(图 6),以分析不同时期全国人口密度的局部空间特征。Moran's 散点图描述了各县人口密度所在的象限,直观地展示了各县级单元人口密度的散点,集中表现为紫色的斜率(Moran's *I* 指数)的趋势。四个象限按其性质分为“高一高”、“低—高”、“低—低”和“高一低”,其中,第一、三象限为空间正相关,表示均质性突出;二、四象限为空间负相关,表示异质性突出^[26]。

1935-2010 年中国大多数县级行政单元落入第一与第三象限中,大部分县市属于空间正相关地区,而且第三象限中的点最为集中,基本都在紫色斜率线周围出现,则表明“低—低”集聚的各县市人口密度值之间的差异较小,这主要是由自然环境因素所决定的;第二象限和第四象限出现了比较明显的离群点,整体上也与斜率偏离较大,这说明“高一高”集聚与“低—高”集聚的县市的人口密度与其他县市的人口密度有较大的差异。同时,散点总体上在不断向四周扩散,县市之间的集聚特征差异在不断增强,这一现象与社会经济的区域发展差异存在着紧密的联系。

(2) LISA 图: LISA 图是衡量空间单元属性与周围单元的相似和相异程度及其显著性的指标^[30],其聚集图表达了四种不同的空间自相关关系类别:高一高(High-High)、低—低(Low-Low)、低—高(Low-High)、高一低(High-Low)。High-High 表示研究区及其周围地区的人口密度较高,Low-Low 表示研究区及其周围地区的人口密度较低;Low-High 表示研究区人口密度较低而周围地区的人口密度较高,反之,High-Low 则表示

表 3 1935-2010 年中国人口密度全局 Moran's *I* 值
Tab. 3 The Global Moran's *I* of population density in China during 1935-2010

年份	Moran's <i>I</i>	<i>E(I)</i>	Z-value
1935 年	0.3011	-0.0005	22.1730
1964 年	0.4387	-0.0005	30.6155
1982 年	0.4056	-0.0004	28.7672
1990 年	0.3778	-0.0004	28.6398
2000 年	0.3101	-0.0004	22.8308
2010 年	0.2574	-0.0004	19.0340

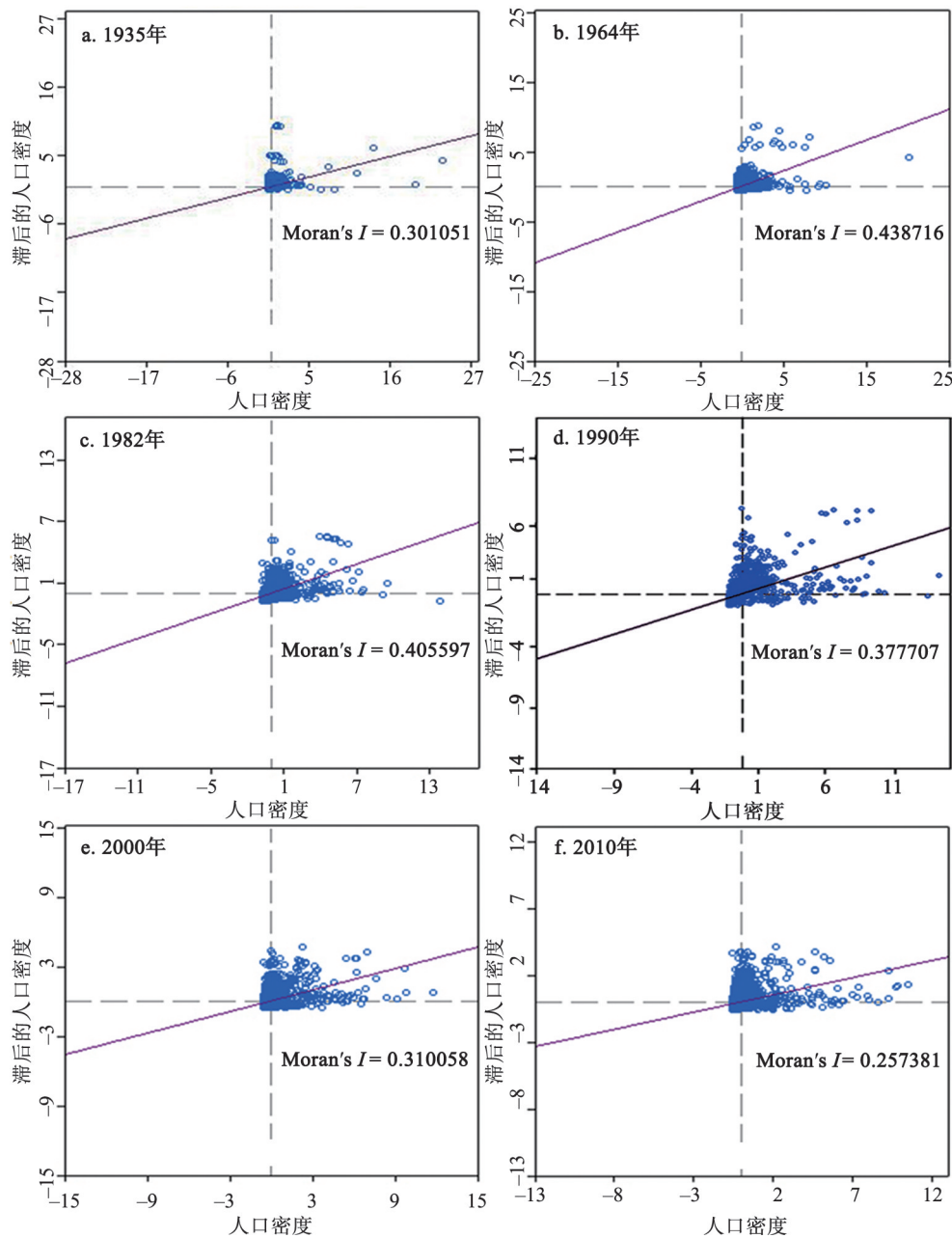


图6 1935-2010年中国人口密度Moran散点图

Fig. 6 The scattering-point maps for Moran's I of population density in China during 1935-2010

研究区人口密度较高而周围地区人口密度较低。计算1935年、1964年、1982年、1990年、2000年和2010年中国县级人口密度分布的Moran's I 值，在通过Z检验值的基础上($P=0.05$)绘制了LISA聚集图(图7)。

高一高类型区的县市主要分布在京津地区、山东、河南、江苏、湖南、四川和两广地区，均为人口分布密度高、经济发展水平相对较高的地区，吸引了大量人口，其周围地区人口也随之增长，造成这些地区呈现人口高度密集。低—低类型区的县市主要分布

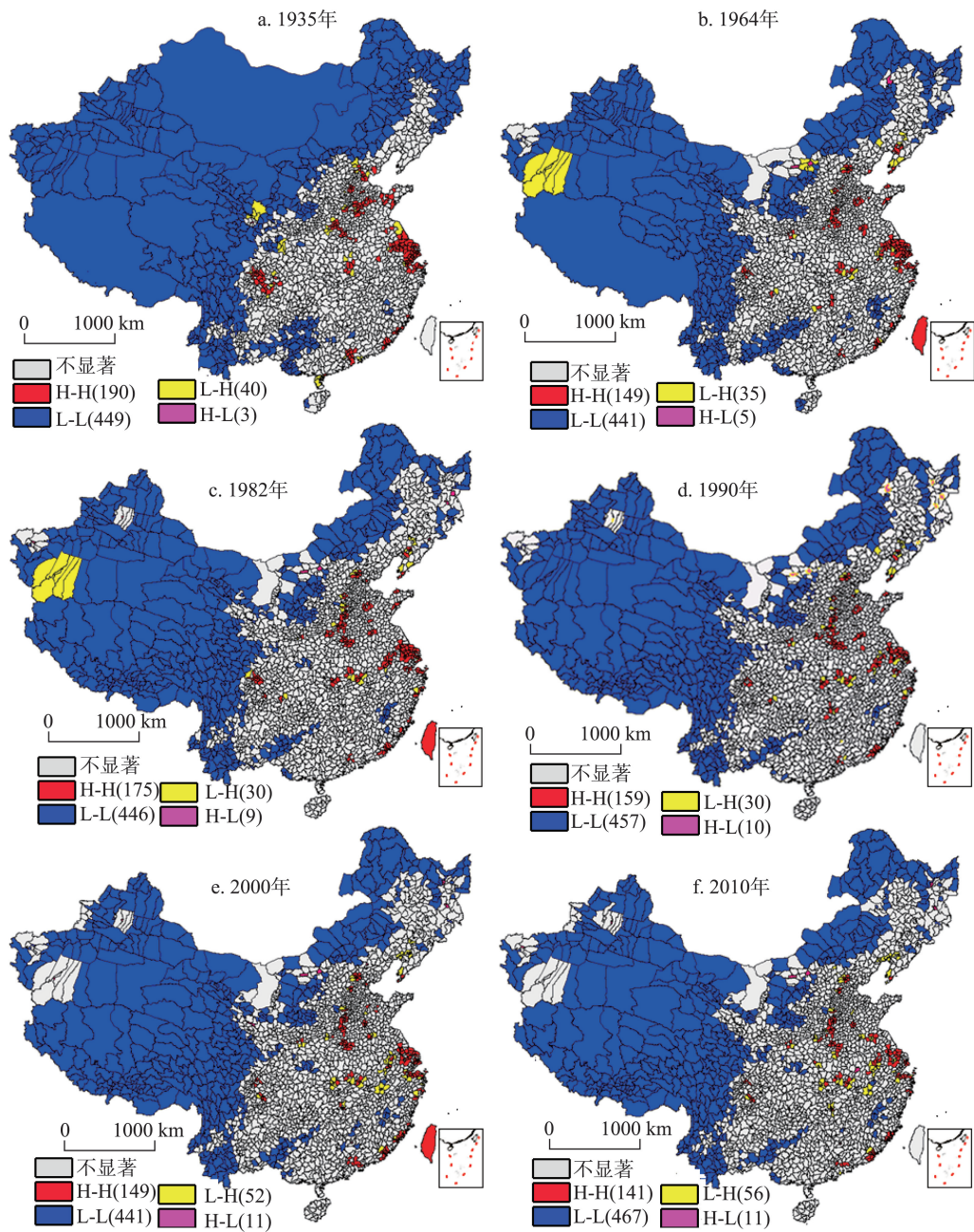


图7 1935-2010年人口密度LISA图

Fig. 7 The LISA maps for population density in China during 1935-2010

在西南、西北地区，大部分位于胡焕庸线的西侧，只有零星分布在胡焕庸线的东侧，这些地区由于社会经济发展水平较低、自然环境恶劣，呈现出明显的人口低密度集聚。低—高和高—低大多分布在高一高类型区和低—低类型区的周围及其内部，数量较少，空间异质性较为明显，这一现象与当地自然地理条件和社会经济条件等因素有着密切关系。因此，全国人口的热点地区（H-H）和冷点地区（L-L）均呈现出空间上的集聚分布，尤其冷点地区几乎连成一片，而高一低类型区和低—高类型区只少量分布在热点地

区与冷点地区的周围及内部, 人口分布表现出明显的空间自相关性。

4 结论与讨论

基于1935-2010年6期县级人口数据分析了中国人口分布变化的时空特征和变化趋势, 得到以下结论:

(1) 中国人口空间分布格局未发生明显的转变, 但人口密度的基尼系数、人口分布不均衡指数和集中指数均不断下降, 中国人口分布的均衡性发展态势不断增强。

(2) 胡焕庸线至今仍能很好地体现中国人口空间分布格局, 但是随着中国人口稠密地区的不断增加, 特别是甘肃、宁夏和内蒙古地区的人口分布密度呈现持续增加趋势, 且空间上向西北地区不断扩张。

(3) 由于社会历史因素、自然环境因素和社会经济条件的影响, 中国人口分布在不同历史时期的变化趋势不尽相同, 人口分布的总体趋势正由东向西、由北向南倾斜, 但人口重心保持在河南省境内, 始终位于中国几何重心的偏东或偏南方向, 人口分布一直处于不平衡状态, 且人口再分配的活跃程度低。

(4) 全国人口分布具有明显的空间自相关性, 人口的热点地区和冷点地区均呈现出空间上的聚居分布, 尤其冷点地区几乎连成一片, 而高一低类型区和低一高类型区只少量分布在热点地区与冷点地区的周围及内部。

中国人口分布在时间和空间上均呈现出严重的不均衡性, 势必造成了东西部之间的社会经济差距不断增加。2014年11月27日, 国务院总理李克强在国家博物馆参观人居科学研究展时, 指出如何打破东南地狭人稠、西北地广人稀的格局, 在全国范围内统筹规划、协调发展, 促进东西部以人为核心的城镇化进程, 共享现代化建设的成果。于是, “总理之问”成为社会各界共同关注的发展问题, 也成为摆在国内外学者面前的一个重大学术问题。针对东西部人口分布的时空差异, 需要认识到:

(1) 尊重自然规律, 深度理解“总理之问”。胡焕庸线客观地反映了中国自然地理要素(如地形地貌、气候条件、生态环境、自然资源等)和人文地理要素(如产业结构、风俗习惯、城镇格局、交通分布和社会历史条件等)的分布格局, 单纯地从人口空间分布上去打破这一规律是不可能的, 也是没必要的。真正要打破东西部区域差异, 则必然要立足于这一自然规律。

(2) 深入贯彻执行新常态下国家的发展战略。“一路一带”和长江经济带的战略提出, 从国家层面上有效地引导了中国东西部之间的交流与协作, 也加强了中国与丝绸之路经济带、21世纪海上丝绸之路沿线国家间的经济、文化、政治、生态等多方面的交流与合作, 为中国社会经济整体发展注入了新的活力和动力, 有利于中国人口资源的空间转换。

(3) 积极开展中国新型城镇化建设。协调东西部经济发展, 缩小二者间的差异, 关键在于加快中国新型城镇化建设。改革开放以来, 中国建成区面积显著增加, 但人口城镇化的速度远远要低于建成区面积的增长速度。因此, 新时期新型城镇化建设要在巩固东部城镇化建设的同时, 着重打造西部多层次城镇空间结构, 提升人口城镇化水平。

参考文献(References)

- [1] 潘倩, 金晓斌, 周寅康. 近300年来中国人口变化及时空分布格局. 地理研究, 2013, 32(7): 1291-1302. [Pan Qian, Jin Xiaobin, Zhou Yinkang. Population change and spatiotemporal distribution of China in recent 300 years. Geographical Research, 2013, 32(7): 1291-1302.]

- [2] 王铮, 张丕远, 刘啸雷, 等. 中国生态环境过渡的一个重要地带. 生态学报, 1995, 15(3): 319-326. [Wang Zheng, Zhang Piuyan, Liu Xiaolei, et al. On the ecological sensitive zone in China. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 319-326.]
- [3] 方瑜, 欧阳志云, 郑华, 等. 中国人口分布的自然成因. 应用生态学报, 2012, 23(12): 3488-3495. [Fang Yu, Ouyang Zhiyun, Zheng Hua, et al. Natural forming causes of China population distribution. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(12): 3488-3495.]
- [4] 周靖祥. 中国人口分布的时空演变研究: 直面社会与经济双重困扰. 重庆大学学报: 社会科学版, 2014, 20(1): 1-17. [Zhou Jingxiang. Study on the spatiotemporal evolution of Chinese population distribution: Facing the social and economic perplexity. *Journal of Chongqing University: Social Science Edition*, 2014, 20(1): 1-17.]
- [5] 封志明, 杨艳昭, 游珍. 中国人口分布的土地资源限制性和限制制度研究. 地理研究, 2014, 33(8): 1395-1405. [Feng Zhiming, Yang Yanzhao, You Zhen. Research on land resources restriction on population distribution in China, 2000-2010. *Geographical Research*, 2014, 33(8): 1395-1405.]
- [6] 吴静, 王铮. 2000年来中国人口地理演变的Agent模拟分析. 地理学报, 2008, 63(2): 185-194. [Wu Jing, Wang Zheng. Agent-based simulation on the evolution of population geography of China during the past 2000 years. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(2): 185-194.]
- [7] 胡焕庸. 中国人口之分布. 地理学报, 1935, 2(1): 33-74. [Hu Huanyong. Essays on China's population distribution. *Acta Geographica Sinica*, 1935, 2(1): 33-74.]
- [8] 葛美玲, 封志明. 基于GIS的中国2000年人口格局: 兼与胡焕庸1935年之研究对比. 人口研究, 2008, 32(1): 51-57. [Ge Meiling, Feng Zhiming. Research on distribution pattern of population of China in 2000 based on GIS: Compared with Hu Huanyong's research in 1935. *Population Research*, 2008, 32(1): 51-57.]
- [9] 王静爱. 中国人口分布与可持续发展的模式选择. 北京师范大学: 社会科学版, 1998, 1: 72-80. [Wang Jingai. The pattern of China's population distribution and the sustainable development. *Journal of Beijing Normal University: Social Sciences*, 1998, 1: 72-80.]
- [10] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 中国地形起伏及其人口分布的相关性. 地理学报, 2007, 62(10): 1073-1082. [Feng Zhiming, Tang Yan, Yang Yanzhao, et al. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(10): 1073-1082.]
- [11] 徐建华, 岳文泽. 近20年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析. 地理科学, 2001, 21(5): 385-389. [Xu Jianhua, Xue Wenzhe. Evolution and comparative analysis of the population center gravity and the economy gravity center in recent twenty years in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(5): 385-389.]
- [12] 郭斌, 文雯. 中国人口与经济分布地域差异及格局演变. 经济地理, 2013, 33(2): 12-19. [Guo Bin, Wen Wen. Regional differences and pattern changes of Chinese population and economy distribution. *Economic Geography*, 2013, 33(2): 12-19.]
- [13] 刘劲松. 中国人口地理研究进展. 地理学报, 2014, 69(8): 1177-1189. [Liu Jinsong. A review of population geography research in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(8): 1177-1189.]
- [14] 封志明, 杨艳昭, 游珍. 中国人口分布的水资源限制性与限制制度研究. 自然资源学报, 2014, 29(10): 1637-1648. [Feng Zhiming, Yang Yanzhao, You Zhen. Research on the water resources restriction on population distribution in China. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(10): 1637-1648.]
- [15] 邓羽, 刘盛和, 蔡建明, 等. 中国省际人口空间格局演变分析方法与实证. 地理学报, 2014, 69(10): 1473-1486. [Deng Yu, Liu Shenghe, Cai Jianming, et al. Spatial pattern and its evolution of Chinese provincial population and empirical study. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(10): 1473-1486.]
- [16] 葛美玲, 封志明. 中国人口分布的密度等级与重心曲线特征分析. 地理学报, 2009, 64(2): 202-210. [Ge Meiling, Feng Zhiming. Population distribution of China Based on GIS: Classification of population densities and curve of population gravity centers. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(2): 202-210.]
- [17] 刘德钦, 刘宇, 薛新玉. 中国人口分布及空间相关分析. 遥感信息, 2002, (2): 2-6. [Liu Deqin, Liu Yu, Xue Xinyu. Spatial distribution and autocorrelation analysis of population in China. *Remote Sensing Information*, 2002, (2): 2-6.]
- [18] 汤国安, 杨昕. ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程. 北京: 科学出版社, 2006. [Tang Guo'an, Yang Xin. Experiment Course on Spatial Analyses Based Geographical information System ArcGIS. Beijing: Science Press, 2006.]
- [19] 柏中强, 王卷乐, 杨飞. 人口数据空间化研究综述. 地理科学进展, 2013, 32(11): 1692-1702. [Bo Zhongqiang, Wang Juanle, Yang Fei. Research progress in spatialization of population data. *Progress in Geography*, 2013, 32(11): 1692-1702.]
- [20] 游珍, 王露, 封志明, 等. 珠三角地区人口分布时空格局及其变化特征. 热带地理, 2013, 33(2): 156-163. [You Zhen, Wang Lu, Feng Zhiming, et al. Spatio-temporal pattern and variation characteristics of population distribution at county level in the Pearl River Delta. *Tropical Geography*, 2013, 33(2): 156-163.]
- [21] 沈续雷, 王桂新, 孔超. 中国人口分布与经济发展空间不均衡性对比研究. 人口与发展, 2009, 15(6): 69-73. [Shen Xu-

- lei, Wang Guixin, Kong Chao. Comparative study on the spatial disequilibrium between China's population distribution and economic development. *Population and development*, 2009, 15(6): 69-73.]
- [22] 李在军, 管卫华, 柯文前. 中国区域消费与经济、人口重心演变的时间多尺度研究. *经济地理*, 2014, 34(1): 85-90. [Li Zaijun, Guan Weihua, Ke Wenqian. The regional gravity evolution of consumption, economy and population based on the multiple time scales in China. *Economic Geography*, 2014, 34(1): 85-90.]
- [23] 张晶, 封志明, 杨艳昭. 洛伦兹曲线及其在中国耕地、粮食、人口时空演变格局研究中的作用. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(11): 63-67. [Zhang Jing, Feng Zhiming, Yang Yanzhao. Lorenz curve and its application in the research of spatial-temporal pattern of cultivated land, grain and population in China. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(11): 63-67.]
- [24] 韩嘉福, 李洪省, 张忠. 基于Lorenz曲线的人口密度地图分级方法. *地球信息科学学报*, 2009, 11(6): 833-838. [Han Jiafu, Li Hongsheng, Zhang Zhong. Classification method of population density map based on Lorenz curve. *Journal of Geo-Information Science*, 2009, 11(6): 833-838.]
- [25] 韩嘉福, 张忠, 齐文清, 等. 中国人口分布的不均性分析及其可视化. *地球信息科学*, 2007, 9(6): 14-19. [Han Jiafu, Zhang Zhong, Qi Wenqing, et al. Analysis and visualization of the uneven distribution of population in China. *Geo-information Science*, 2007, 9(6): 14-19.]
- [26] 李连发, 王劲峰. *地理空间数据挖掘*. 北京: 科学出版社, 2014. [Li Lianfa, Wang Jinfeng. *Geo-spatial Data Mining*. Beijing: Science Press, 2014.]
- [27] 吕晨, 樊杰, 孙威. 基于ERDA的中国人口空间格局及影响因素研究. *经济地理*, 2009, 29(11): 1797-1802. [Lv Chen, Fan Jie, Sun Wei. Population distribution and the influencing factors based on ERDA. *Economic Geography*, 2009, 29(11): 1797-1802.]
- [28] 葛美玲, 封志明. 中国人口分布的密度分级与重心曲线特征分析. *地理学报*, 2009, 64(2): 202-210. [Ge Meiling, Feng Zhiming. Population distribution of China based on GIS: Classification of population densities and curve of population gravity. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(2): 202-210.]
- [29] 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. [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.]
- [30] 高超, 金凤君, 傅娟, 等. 1996-2011年南非人口空间分布格局与演变特征. *地理科学进展*, 2013, 32(7): 1167-1176. [Gao Chao, Jin Fengjun, Fu Juan, et al. Spatial pattern of population and its evolution in South Africa during 1996-2011. *Progress in Geography*, 2013, 32(7): 1167-1176.]

Spatial distribution pattern of population and characteristics of its evolution in China during 1935-2010

YANG Qiang¹, Li Li², WANG Yundong¹, WANG Xinyuan², LU Yingcheng³

(1. College of Civil Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS, Beijing 10094, China; 3. International Institute for Earth System Science, Nanjing University, Nanjing 210046, China)

Abstract: Spatial distribution pattern of population and its evolution with the change of time and space is a hotspot and core content for human geography. Under the influence of complex environmental factors like geology, geography, ecology, and resources, population and social economy in western and eastern regions of China exhibit a lopsided development pattern over a long period of time. With the proposed New Urbanization Construction and the Belt and Road strategy, the social economy in western China, or even the whole China, has opportunities and space for development. Under the circumstance, this study on population distribution in different periods and areas in China will provide basis and spatial cognition for the

development of relevant sustainable development policies and measures. Population data is acquired from the national statistical yearbook and population census data in different periods, and further built up spatial joint with the county administrative boundary in different periods. The population density is calculated based on the population data and regional area, and revised according to the adjacent years. With the support of geographical information technology, the inverse distance weighted method is used for spatial interpolation of the population density. Because of spatial density and distribution for the sampling points, average population density replaced interpolated results in western China. The study depicts the east-west dividing line of population density and discrepancies of population density in different periods and areas during 1935-2010 using county-level Chinese census data from six stages (1935, 1964, 1982, 1990, 2000, and 2010) with the index of population distribution structure, the Gini coefficient of population density, the movement trace of population center of gravity, and spatial autocorrelation analysis. The results showcase the dividing line of population density and discrepancies of population density in different periods and areas during 1935-2010. Because of the influence of history, environment and economy, the characteristics of population distribution evolution in different periods and areas keep changing in this study. It is known to all that the people are mainly distributed in Southeast China with little area, and population is much sparse in Northwest China, but with the larger area. Even though the population distribution trend of balanced development keeps increasing, the spatial distribution pattern of population has not changed obviously in the whole nation. The Hu Huanyong Line can still be a good summary of the characteristics of population distribution in China. To the west of the Hu Huanyong Line, population density in several provinces keep increasing during 1935-2010, such as Gansu Province and Ningxia and Inner Mongolia autonomous regions. The number of areas with population density with more than 50 people per kilometer increases greatly in the three provincial units. Moreover, the trend transferred to northwest China during 1935-2010. At the same time, the population distribution has obvious spatial autocorrelations in China in the last 80 years. In spatial scale, the hot and cold spots for population distribution have obvious aggregation, with great spatial difference in the whole China. The High-High regions are mainly distributed in South and East China where population density is very high and economy is developing rapidly. The Low-Low regions are distributed on both sides of Hu Huanyong Line, namely, Southwest China and Northwest China. The natural environment and living standard are very poor in these regions. The spatial difference of population distribution in the High-Low and Low-High regions is very obvious because of local natural geographical environment and economic development, and these regions are usually distributed around the High-High and Low-Low regions. Thus, it is possible to coordinate the development between eastern and western China. We should understand the connotation and denotation of the question put forward by Premier Li Keqiang based on the natural law and economic development strategy of China in the new period. Meanwhile, people-oriented awareness should be further set up, and the New Urbanization Construction can be used to raise urbanization levels in China, thus improving the standard of living and environment.

Keywords: Hu Huanyong Line; population distribution; spatial pattern; evolution with the change of time and space