

中国省际人口空间格局演化的分析方法与实证

邓 羽¹, 刘盛和¹, 蔡建明¹, 鲁 玺²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 哈佛大学工程与应用科学学院, 美国, 马萨诸塞州 02138)

摘要: 中国正在经历着史无前例的城镇化过程, 2011年全国城镇人口已达6.91亿人, 城镇化率攀升至51.27%。按2030年城镇化水平到70%计算, 还将有接近3亿人口从农村流动至城市。与此同时, 由于总生育率受社会经济发展水平、生态环境以及社会思潮的共同作用, 人口自然增长率正在减少, “单独二胎”政策即是国家对人口发展战略的重大战略调整。由此可见, 对正处在城镇化、工业化和全球化加速推进的中国而言, 人口自然增长与空间迁移正在且必将持续重塑人口空间格局, 因而科学地认识中国人口自然增长和空间迁移的区域差异、准确地把握人口空间格局及其演化趋势, 对于科学编制城镇化发展、土地利用、生态环境保护等各类空间规划和制订流动人口、区域协作等各项空间管理政策具有重要意义。本文构建了一种全新的自上而下的人口预测方法, 考虑人口自然增长和空间迁移两种影响因素, 着重对一级单元(全国)和次级单元(省级)在2010-2050年间的人口总量进行预测, 并进一步研判我国人口空间格局的发展情景和演化特征: 从各省人口密度变化来看, 中国人口空间分布密度继续保持了东部高、中部次之、东北再次、西部最低的总体格局。东部省份中上海、北京、天津及江苏的人口密度始终保持在一至四位, 最末三位依次是新疆、青海和西藏。根据本文提出的省际人口变化强度及其主导类型的测算指标和量化结果, 可将中国划分为人口快速变化区(净迁入主导型、净迁出主导型、自然增长主导型)、人口低速变化区(净迁入型、净迁出型)以及人口平稳区。净迁入主导型人口快速变化区将吸纳99%的未来新增流动人口, 其中上海、北京、浙江至2030年时人口密度达到顶峰, 而广东的人口密度持续增加到2035年; 净迁出主导型人口快速变化区, 包括河南、安徽、重庆、湖北, 75%的新增流动人口将由此类区域迁出; 辽宁和山东同属于自然增长主导型人口快速变化区, 其新增流动人口比重极小, 由人口自然增长变化主导区域的人口快速变化态势。在低速变化区中, 除福建和海南作为少有的流动人口净迁入型省份, 其余省份人口密度不断降低则缘于大量的劳动力输出和逐渐走低的生育率; 大部西北和西南省份属于人口平稳区, 其人口密度呈现出稳中有减的态势, 人口密度平均值大多在100人/km²以下。

关键词: 中国; 省际; 人口; 城镇化; 迁移; 人口流动; 空间格局; 自然增长

DOI: 10.11821/dlxb201410007

1 引言

中国经历了近30年的社会经济高速发展, 伴随着人口自然增长与空间迁移的变化, 人口空间格局也正在同步演化^[1]。第六次人口普查数据显示, 中国人口自然增长率仅为0.57%, 远远低于20世纪90年代。另一方面, 2010年底全国流动人口的总数已经达到2.6亿人, 占人口总数的近20%^[2-3]。较低水平的人口自然增长率进一步弱化了“人口发展红利”, 也对中国社会经济的持续发展带来隐患。同时, 大量的流动人口将引发就业、教育、住房和医疗服务等社会公平问题, 这些都将对政府的管理水平和能力提出更高的要求^[4]。人口流动引发了史无前例的空间重构, 对区域的社会经济可持续发展也带来了重要

收稿日期: 2013-12-05; 修订日期: 2014-08-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271174); 国家科技支撑计划项目(2012BAI32B06) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41271174; National Key Technology R&D Program, No.2012BAI32B06]

作者简介: 邓羽, 男, 湖北人, 博士, 助理研究员, 主要从事城市与社会地理研究。E-mail: dengy@igsrr.ac.cn

通讯作者: 鲁玺, 男, 湖北人, 博士, 副研究员, 主要研究可再生能源与区域可持续发展。E-mail: Xilu@fas.harvard.edu

影响。因此,准确预测人口自然增长和空间迁移,正确把握人口空间格局及其演化,将对中国社会经济的稳定和持续发展有着极为重要的意义^[5]。

人口预测方法主要可分三类:数学模型演绎法、人口要素法和人口经济模型法^[6]。数学模型演绎法用一组最能模拟好人口数量增长历史数据的模型来预测未来的人口增加情况^[7-8]。实际上,这种预测方式隐含着人口增长率将沿用历史增长类型的假设。数学模型可以最大精度地拟合历史数据,其所潜指的人口增长趋势将对人口预测的准确度产生重要影响^[9]。人口要素法将人口按年龄分组对待,且综合考虑出生率、死亡率和自然增长率,得到一个较为准确的人口预测值^[10]。人口要素法被认为是提高人口预测精度的重要途径,也很好的克服了数学模型法的诸多弊端。但是,获得和选用一组合适的人口要素值也是相当困难的,由此人口要素预测法也备受诟病。人口经济模型预测法通过人口增长与经济发展的关联关系来预测人口的增加趋势^[11-12]。毋庸置疑,经济发展一定程度上影响了人口变化,但通过对诸多经济要素变化的预测来得到人口变化并不是最为有效的人口预测方法。相反,经济发展,包括了一系列利率、进出口需求甚至经济政策等,更加难以准确把握和预测。总之,人口预测方法都无一例外地需要对重要影响要素进行评估;为了保证预测的准确性,都需要对外生变量诸如社会经济发展趋势、体制政策变化等进行综合研判,这些都将极大地增加人口预测的难度,降低人口预测结果的可信性。目前报道的人口预测方法都没有充分考虑人口空间流动对未来人口增长和空间分布的影响,而流动人口的影响程度却在不断增强,尤其是在类似于中国这样快速城镇化的国家中。

从人口预测的空间尺度上讲,一般有自下而上和自上而下两种人口预测策略^[13]。第一种策略可以采用不同的方法对单一区域的人口增长进行预测^[14-15]。但是,如果要在全国范围内对所有县级单元的人口进行预测,这种策略会存在明显的缺点:一方面,几乎不可能获得每一基本空间单元的与人口预测相关的人口或经济要素;另一方面,这种自下而上的人口预测方式往往使得基层单元(地方政府)故意夸大或者缩小人口增长趋势。人口的数量与空间分布是上级政府(地级市、省或者中央)进行基础设施投资、社会福利分配和转移支付的重要参考,从而影响政府的最优决策和政策安排^[16]。与此相对,第二种自上而下的人口预测策略则可以相对容易的顾及影响人口增长和空间分布的各类因素及因素综合作用^[17-18],依序获得分省、地级市、县的人口预测数据^[19]。诚然,自上而下的人口预测策略不可能在全方位优于自下而上的策略,但是它的确在预测大尺度空间范围且具有众多迥异的历史发展脉络的空间单元时,拥有更多的优势^[20]。

现有人口预测文献大部分集中在有关人口预测方法的关键要素评估上^[21],而评估方法本身却没有足够优化^[22]。自下而上的预测策略不能满足对全国空间尺度的人口预测需要。虽然既有文献中也不乏采用自上而下的人口预测策略,但现有研究主要集中在国家尺度或者公里格网尺度,没有诸如省、市或县等次级行政区域的案例,而次级区域的人口预测对政府的社会经济发展规划制定和决策安排有着至关重要的作用^[23-24]。加之缺乏人口流动数据等原因,几乎没有涉及或者简化了人口空间迁移因素^[25-26]。受上述人口预测方法、尺度和精度的制约,人口空间格局研究往往集中在基于历史数据的方法探讨和知识挖掘,缺乏人口空间格局的预测演绎研究,而后者对于正处于城镇化加速推进的中国而言,在划定人口集聚区、产业发展轴带及生态环境保育区和设计流动人口吸纳、产业升级转移及环境保护政策方面具有更为重要的意义^[27-29]。基于以上考虑,本文采用一种全新的自上而下的人口预测策略,分别从人口自然增长和空间迁移两种影响人口增长的视角出发,在以全国尺度的人口总量和省际流动人口总量为约束标准的基础上,对省级尺度在2010-2050年间的人口自然增长和流动人口进行预测,从而进一步研判我国省际人口空间格局的发展情景和演化特征,以期为我国新型城镇化背景下人口空间集疏的方向识别、流动人口市民化的空间模式选择以及相关政策设计提供科学支撑。

2 数据和方法

2.1 数据来源

总人口变化及自然增长率来源于中国统计年鉴（2001-2011）。全国人口第五次和第六次普查数据分别提供了2000年和2010年的人口流动情况。全国尺度的总人口、城镇人口以及城镇化率的预测来源于联合国人口司经济与社会事务部的预测成果。需要说明的是，本次研究将独立考虑并预测人口自然增长和空间流动，即不顾及流动人口对流入省份人口生育率的影响。原因在于，根据六普数据显示，中国举家迁移的趋势显著^①；其次，流动人口的生育率低于户籍人口且回原籍生育的现象大量存在^[30]；而且，流动人口生育管理和统计难度较大，户籍人口生育率的普查或抽样调查结果一直成为确定或修正人口生育率的重要标准^[31]。

2.2 人口自然增长的预测方法

人口的自然增长预测分为两个层级。全国尺度的预测直接采用联合国人口司的预测成果。该成果采用人口要素预测法（队列分量法），将中国作为整体得到历年的总人口、城镇城镇人口和城镇化率，具有很强的可信性^②（表1）。省级层面的人口预测，运用各个省份的自然增长率通过数学模型法外推得到。如前文所述，使用数学模型法对人口数量进行短期预测是合理的，但中长期预测往往会导致预测失误，因为影响人口增长的诸如人口自然增长率等关键要素将随着时间的推移发生较为显著的变化。由此，我们应用全国尺度的人口预测总量对省级人口预测数量进行调控和优化。

表 1 2010-2050 年联合国的主要人口预测指标
Tab. 1 Main indicators of population forecast by UN (2010-2050)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总人口 (万人)	133972.4	136974.3	138779.2	139525.6	139307.6	138158.8	136090.6	133176.8	129560.4
城镇人口 (万人)	66919.2	76157.9	84636.3	91180.4	95764.9	98444.6	99858.1	100409.0	100161.2
城镇化率	0.49	0.55	0.61	0.65	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77

数据来源：《World Population Prospects, The 2010 Revision》

本文采用 Matlab 软件平台实现人口预测方法，包括了以下三个主要步骤：

第一步：首先假设在接下来的5年，即2010至2015年，各省的人口自然增长率将与2000年至2010年的保持一致，人口增长的数学公式表达如下所示：

$$P_{n,2015} = P_{n,2010} \times (1 + R_{n,2000s})^5 \tag{1}$$

式中： n 表示各个省份； $R_{n,2000s}$ 指某个省份 n 在2000-2010年间的平均人口自然增长率； $P_{n,2010}$ 指某个省份 n 在2010年时的人口总量； $P_{n,2015}$ 指某个省份 n 在2015年时的人口总量。

第二步：运用联合国预测的全国层面人口总量数据，作为分省人口预测的上限。事实上，分省人口预测总量之和将与全国人口总量总是存在一定量的差异。为了保证两者在数量上的一致性，以全国数量为标准，将差值平均分配到有第一步得到的人口预测结果上。其模型表达如下所示：

$$P_{sum,t} = \sum_{n=1}^N P_{n,t} \tag{2}$$

$$\delta_{sum,t} = P_{UN,t} - P_{sum,t} \tag{3}$$

① 中国流动人口达2.21亿，举家迁移趋势明显. 财经网. 2011年3月2日。
② 联合国人口司是世界人口评估的权威机构。每隔两年，人口司都会根据世界各国最新的人口和相关信息，对人口趋势进行全面的评估，其分析和预测结果以《World Population Prospects》刊物出版公布。其成果是联合国展开相关工作的依据，也被广泛应用到人口官方统计和学术研究的验证和校正中。

$$\delta_{n,t} = \frac{\delta_{sum,t}}{P_{sum,t}} \times P_{n,t} \tag{4}$$

$$P'_{n,t} = P_{n,t} + \delta_{n,t} \tag{5}$$

式中： n 和 t 分别代表某一省份和具体时间节点（2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050）； $P_{n,t}$ 指某个省份 n 在时间 t 时的人口总量； $P_{sum,t}$ 指时间 t 时的各省人口总量之和； $P_{UN,t}$ 指时间 t 时的联合国人口预测值； $\delta_{sum,t}$ 指 t 时前两者的误差； $\delta_{n,t}$ 指时间 t 时某一省份 n 的人口总量调整数量； $P'_{n,t}$ 指某个省份 n 在时间 t 时的经调整后的人口总量。

第三步：得到各省修正后的人口预测总量，可以进一步修正人口自然增长率用来预测下一个5年的人口总量。实际上，分省人口总量和自然增长率的修正正是对全国层面人口数量变化的继承和延续。当完成该步骤时，循环执行步骤二，直至时间节点 t 等于2050年终止循环。具体数学表达如下：

$$R_{n,t} = \sqrt[5]{\frac{P'_{n,t}}{P_{n,t-1}} - 1} \tag{6}$$

$$P_{n,t+5} = P'_{n,t} \times (1 + R_{n,t})^5 \tag{7}$$

式中： n 和 t 分别代表某一省份和具体时间节点； $R_{n,t}$ 指经修正后的人口自然增长率； $P_{n,t+5}$ 指下一个5年的预测人口总量。

2.3 人口空间迁移的预测方法

2.3.1 全国层面的人口流动

与处于工业化中前期的大多数发展中国家一样，中国正在经历着一轮快速的经济增长期，伴随着巨量的流动人口。人口流动是当今中国城镇化率迅速提升的主要原因。在21世纪的头10年，中国城镇化率由36%攀升至50%，城镇人口增加了2.12亿人。同时，流动到城市的人口从0.98亿人升至2.12亿人，即城市流动人口净增加了1.14亿人。其中，城市流动人口的增加包括了大中小城市之间的人口流动和农村向城市的转移两部分，分别为0.40亿人和0.74亿人。城市之间的人口流动，涵盖了不同城市之间、同一城市不同区域之间等情形，对城镇化率没有影响。值得注意的是，省内和省际的流动人口总数分别为0.40亿人和0.34亿人。而且，可以发现由农村向城市迁移是省际迁移的主要类型，占省际迁移总数的近80%（表2）。因此，通过这些人口流动的主要指标及其相互关系，可以推导出中国未来省际人口流动总量，如以下公式所示。

$$\Delta UP = UP_{t+1} - UP_t \tag{8}$$

$$\Delta MR = \Delta UP \times r1 \tag{9}$$

$$\Delta MR_{inter} = \Delta MR \times r2 \tag{10}$$

$$\Delta M_{inter} = \frac{\Delta MR_{inter}}{r3} \tag{11}$$

式中： t 指时间节点； UP 指城镇人口总数； ΔUP 指两个年份的城镇人口变量； ΔMR 指由农村向城市流动的人口总数，是造成城镇化率升高的主要原因； $r1$ 是指由农村向城市流动人口（空间流动）占城镇人口增加的比例； ΔMR_{inter} 指省际之间的由农村向城市流动的人口总量，它与省内的由农村向城市流动的人口总量共同组成了总的由农村向城市流动的人口； $r2$ 指省际之间的由农村向城市流动人口总量占总的由农村向城市流动人口的比例； ΔM_{inter} 指省际的人口流动总量； $r3$ 指省际的由农村向城市流动人口占省际总流动人口的比例。

表2 全国层面的人口流动情况

Tab. 2 Net-migration population to the urban areas of China at national level

年份	空间 单元	总计	空间单元 (百万)					
			小计	城镇	省内	省际	小计	农村
2010	城镇	212.25	83.85	70.39	13.46	128.4	75.25	53.15
2000	城镇	98.12	43.39	37.93	5.46	54.74	35.44	19.30
净流动人口 ^a	城镇	114.13	40.47	32.46	8.01	73.66	39.81	33.85

数据来源：《中国2000年人口普查资料》、《中国2010年人口普查资料》

a 净流动人口是指两个年份之间的累积流动人口总量

2.3.2 省际人口流动预测 马尔科夫链将被引用到本文的省际人口流动预测过程之中,其核心思想强调不同年份的人口流动概率呈离散分布,且当前状态的人口流动概率是下一状态人口流动概率的主要决定因素^[32]。马尔科夫链的关键步骤在于构建初始的省际净流动的初始概率矩阵,本次构建基本步骤如下:首先,通过第五次和第六次全国人口普查数据,可以分别得到2000年与2010年的省际人口流动矩阵。其次,用2010年减去2000年的省际人口流动矩阵,得到了10年间的省际人口净流动矩阵。然后,省际净流动矩阵除以人口净流动总量,从而得到省际净流动的初始概率矩阵。接下来,运用马尔科夫链公式分别推算出各年度的省际净流动的概率矩阵。最后,用省际净流动概率乘以对应年份的全国省际净流动人口总量,得到对应年份的省际净流动人口矩阵。具体数学表达如下所示:

$$\Delta NM_{inter} = M_{inter}^{2010} - M_{inter}^{2000} \quad (12)$$

$$TPM = \frac{\Delta NM_{inter}}{\Delta M_{inter}} \quad (13)$$

$$M_{n,t} = TPM \times \Delta M_{inter} \quad (14)$$

式中: n 和 t 分别代表省份和时间节点; M_{inter}^{2000} 和 M_{inter}^{2010} 分别表征2000年与2010年的省际人口流动矩阵; ΔNM_{inter} 指10年间的省际人口净流动矩阵; TPM 指省际净流动概率矩阵; $M_{n,t}$ 指省份 n 在 t 时间节点的新增人口流动规模。

2.4 省际人口空间格局的分析方法

首先,通过各省人口密度及其在全国位序的变化,分析中国省际人口空间的基本格局。人口自然增长量和省际流动人口量之和,即为省际人口总量。省际人口总量除以省域行政区划面积,即得到人口密度。其次,根据省际人口变化强度判别指标(分省未来历年人口密度变化方差),可将中国划分为人口快速变化区、人口低速变化区以及人口平稳区三大类。在此基础上,参考主导人口变化的类型指标(新增累积净迁移人口总数占总人口峰值的比例和新增累积净迁移人口总数与新增累积最大自然增长人口之比),又可分别将人口快速变化区、人口低速变化区划分为多个亚类,即净迁入主导型、净迁出主导型、自然增长主导型人口快速变化区和净迁入型、净迁出型人口低速变化区。最后,注重对各种人口格局类型区的变化态势,尤其是人口快速变化区的峰值或者极小值及其对应年份的测算与分析。

$$TP_{n,t} = P'_{n,t} + M_{n,t} \quad (15)$$

$$DP_{n,t} = TP_{n,t} / S_n \quad (16)$$

$$A_n = \sqrt{\sum_{t=2011}^{2050} (DP_{n,t} - \overline{DP_{n,t}})^2} \quad (17)$$

$$B_n = \sum_{t=2011}^{2050} M_{n,t} / \text{Max}(TP_{n,t}) \quad (18)$$

$$C_n = \sum_{t=2011}^{2050} M_{n,t} / (\text{Max}(P_{n,t}) - P_{n,2010}) \quad (19)$$

式中: n 和 t 分别代表某一省份和具体时间节点; $TP_{n,t}$ 指省份 n 在 t 时间节点的总人口; S_n 指省份的行政区划面积; $DP_{n,t}$ 为人口密度; $\overline{DP_{n,t}}$ 为一定时间阶段内的人口密度平均值; A_n 为人口密度方差; $\sum_{t=2011}^{2050} M_{n,t}$ 指新增累积净迁移人口总数;Max指取数据序列最大值。

3 中国省际人口预测

3.1 人口自然增长的基本规律与预测

在第五次人口普查数据中,中国人口总数为12.65亿人。根据中国在2000至2010年间

5.65‰的平均人口自然增长率, 估测 2010 年的总人口为 13.37 亿人。六普数据表明, 中国总人口为 13.39 亿人, 可以看到依据平均自然增长率的估测数据与人口普查数据近乎相等, 误差仅为 0.17%。接下来, 对各省的相关人口数据进行处理和比照。如表 3 所示, 每列依次展示了分省的 2000 年总人口、2000-2010 年平均自然增长率、2010 年估测总人口、2010 年普查总人口、2000-2010 年的估测流动人口, 2000 年至 2010 年的普查流动人口以及流动人口误差。采用与全国层面相同的方法, 可以通过 2000 年的普查数据及 10 年间的平均人口自然增长率得到估测的 2010 年的分省总人口。然后, 比较估测数值和普查数值, 其差值正是估测的 10 年间省际人口流动数量。值得说明的是, 人口流动的估测值 (第六列) 及人口流动的普查值 (第七列) 均有正负符号之分, 其中正号代表人口的净迁入, 负号代表人口的净迁出。进一步比较人口流动估测值和人口流动普查值得差异。总体来看, 人口流动估测值可信度较高, 正确地反映了各省的人口流动趋势。除河北、山西、内蒙古、黑龙江、山东和青海在反映人口净流动方向的符号不一致之外, 其他省份的估测数据与普查数据保持着很好的一致性。需要说明的是, 上述符号不一致的省份, 其人口流动总量与

表 3 2010 年中国省际流动人口估计与应证 (单位: 百万)

Tab. 3 A comparison between reported population and projected population in China in 2010

省份	总人口 (2000)	自然增长率 (2000-2010)	预测人口 (2010)	六普人口 (2010)	估测流动人口 (2000-2010)	流动人口 (2000-2010)	估测 ^b 误差(%)
北京	13.82	1.81	14.07	19.61	+5.54	+4.40	5.83
天津	10.01	1.80	10.19	12.94	+2.75	+2.07	5.27
河北	67.44	5.99	71.48	71.85	+0.37	-1.81 ^a	3.03
山西	32.97	5.90	34.91	35.71	+0.80	-0.51 ^a	3.67
内蒙古	23.76	4.03	24.72	24.71	-0.01	+0.33 ^a	1.40
辽宁	42.38	1.11	42.85	43.75	+0.90	+0.09	1.85
吉林	27.28	2.33	27.91	27.46	-0.45	-0.62	0.60
黑龙江	36.89	2.35	37.76	38.31	+0.55	-1.26 ^a	4.73
上海	16.74	1.01	16.91	23.02	+6.11	+5.73	1.63
江苏	74.38	2.34	76.12	78.66	+2.54	+3.50	1.22
浙江	46.77	4.44	48.85	54.43	+5.58	+7.76	4.01
安徽	59.86	6.32	63.64	59.50	-4.14	-4.81	1.12
福建	34.71	6.05	36.81	36.89	+0.09	+1.31	3.32
江西	41.40	8.08	44.74	44.57	-0.18	-1.76	3.55
山东	90.79	5.27	95.57	95.79	+0.22	-0.91 ^a	1.18
河南	92.56	5.42	97.58	94.02	-3.56	-5.44	2.00
湖北	60.28	2.93	62.05	57.24	-4.81	-2.68	3.72
湖南	64.40	5.35	67.84	65.68	-2.16	-2.55	0.59
广东	86.42	7.65	93.03	104.30	+11.27	+5.98	5.07
广西	44.89	7.98	48.47	46.03	-2.45	-1.33	2.43
海南	7.87	9.07	8.58	8.67	+0.09	+0.05	0.43
重庆	30.90	3.21	31.89	28.85	-3.05	-1.96	3.77
四川	83.29	3.03	85.81	80.42	-5.39	-1.38	5.00
贵州	35.25	8.23	38.15	34.75	-3.40	-2.10	3.76
云南	42.88	8.10	46.35	45.97	-0.39	-1.07	1.48
西藏	2.62	11.17	2.91	3.00	+0.09	+0.02	2.26
陕西	36.05	4.07	37.52	37.33	-0.19	-0.61	1.12
甘肃	25.62	6.38	27.26	25.58	-1.68	-0.80	3.43
青海	5.18	9.76	5.69	5.63	-0.06	+0.05 ^a	1.88
宁夏	5.62	10.52	6.21	6.30	+0.09	+0.04	0.78
新疆	19.25	10.99	21.37	21.81	+0.45	+0.24	0.95

注: a 表征该省份的估测流动人口与实测流动人口的符号相反; b 估测误差= (估测流动人口-流动人口)/ 六普人口。
数据来源: 《中国 2000 年人口普查资料》、《中国 2010 年人口普查资料》、《中国统计年鉴 2011》。

其他省份相比相对较少。例如，内蒙古和青海的普查流动数据分别是净迁入33万人和5万人，而河北、山西、黑龙江和山东的普查净迁数据分别是净迁出181万人、51万人、126万人和91万人。这些省份的人口流动估测值同样较小，因此非常容易因为人口自然增长率的细微变动或误差而改变人口净流动方向。另外，无论是人口流动的估测值还是普查值都反映了省际流动差异的区域特性：几乎所有的沿海省份，包括广东、浙江、江苏、北京市、上海市以及天津市成为最主要的人口净迁入省。相反，大多数内陆省份，例如四川、重庆和湖北是主要的人口净迁出省。值得注意的是，一些西部欠发达省份，因为2000年以来的西部大开发战略实施，均出现了小规模的人口净迁入。

观察估测误差，几乎所有省市的人口流动误差均远远小于5%。显然，通过全国层面和省级层面的人口自然增长与流动人口的估测及比对研究，一方面已经应证通过基期人口数据和平均自然增长率进行人口外推具有可信性，另一方面也说明了采用人口省际流动对人口总量数据进行修正的必要性。预测表明，2015年人口的自然增长延续了2000至2010年的趋势。随后，至2020年绝大多数省市的人口与2015年相比增长更快。接下来，2020至2025各省基本进入了缓慢增长期，而且北京、天津、上海及位于中国东北的省份总人口开始下降。紧接着5年，人口出现负增长的省市越来越多，直到2050年，除了新疆与上个五年的人口总数持平以外，所有省市的总人口都将减少。值得注意的是，人口自然增长的拐点出现顺序呈现了显著的区域特征：北京、上海和天津，连同东北三省是首先步入人口负增长的区域，紧接着是其他东部沿海城市及中国中部省份，最后才是中国内陆省份。

3.2 全国层面的流动人口变化

如表4所示，根据联合国的预测成果，自2010-2015年城镇化率年均增加1.2%，2015年末城镇化率将增加6%。2015-2020年的城镇化率增加情况与此类似。中国在未来10年内依然要经历一个稳定的城市化过程，但其年均增加速度要小于21世纪的第一个10年。紧接着，在2020-2030年间年均城镇化率增加幅度降为0.8%。当城镇化率得到70%左右时，城镇化率的增加速度将持续变小，并降至0.4%。随着城镇化率的变化，城镇人口的增加速度也在不断减少。2010-2015年间，城镇人口增加了0.92亿人，紧接着在2015-2020年间城镇人口的增加数量减为0.84亿人。到2030年以后，城镇人口增加值大幅度的降低，直至2050年时变为负值。

所前文所述，六普数据中显示2000-2010年间由农村向城市的流动人口总数占城镇人口增加总数的35%。根据发达国家城镇化的基本经验，从农村到城市的流动人口总数将经历先增后减的过程^[33]。当处于加速城市化阶段时，从农村到城市的流动人口将持续增加；当进入城市化的后期，即城镇化率达到80%左右，农业人口和城镇人口相对稳定，此类流动人口将趋近为零^[34]。而且，中国已经步入省内流动为主、省际流动为辅的人口流动新阶段^[35]。当城镇化率达到70%以后，随着基本公共服务均等化和城乡一体化的实现^[36]，全国层面的省际人口流动则趋近平衡状态。因此，根据中国城

表4 中国省际流动人口总量估计 (单位: 百万)
Tab. 4 Provincial migration in China (10⁶)

年份	总人口	城镇人口	城镇化率	城镇人口增长量	农村人口	城镇化数量	省际流动	
					省际	省内	合计	人口增长量
2000	1259.95	456.35	0.36	-	-	-	-	-
2010	1339.72	669.19	0.50	212.84	34.23	40.26	74.49	46.07
2015	1369.74	761.58	0.56	92.39	12.74	14.98	27.72	17.34
2020	1387.79	846.36	0.61	84.78	11.69	13.75	25.42	15.91
2025	1395.26	911.80	0.65	65.44	6.01	7.07	13.08	8.19
2030	1393.08	957.65	0.69	45.85	2.11	2.48	4.59	2.87
2035	1381.59	984.45	0.71	26.80	0.00	1.61	1.61	0.00
2040	1360.91	998.58	0.73	14.14	0.00	0.57	0.57	0.00
2045	1331.77	1004.09	0.75	5.51	0.00	0.11	0.11	0.00
2050	1295.60	1001.61	0.77	-2.48	0.00	0.00	0.00	0.00

数据来源:《World Population Prospects, The 2010 Revision》、《World Urbanization Prospects, The 2011 Revision》。

镇化率的变化特征以及由此产生的对农村流动人口规模的影响趋势^③，可以得到农村流动人口城镇化规模占城镇人口增量的比例在2015、2020、2025、2030、2035、2040、2045和2050年分别为30%、30%、20%、10%、6%、4%、2%、0%。最后，根据2.3.1中所述的基本方法，通过人口流动的主要指标及其相互关系，可以推导出我国未来省际人口流动总量。根据省际人口流动总量变化可以看到，2010至2015年的流动人口总量从0.17亿人减少到2030末的0.02亿人。从2030年开始，省际流动人口总量减少为零。

3.3 省际人口流动预测

中国省际流动人口净迁移概率矩阵如图1所示，就2010年初始概率矩阵而言，浙江省的迁移概率高达17.9%。广东、上海、北京和江苏依次减少，但迁移概率依然大于8%。天津和福建的迁移概率远远小于上述省份，分别为4.7%和3.0%。以上7个省市均分布在东部沿海区域，有着较高的社会经济发展水平，构成中国主要的人口净迁入区域。另一方面，河南和安徽的净迁出概率为-12.5%和-11%，是净迁出概率最大的两个省份。湖北、湖南和贵州等省份的净迁出概率在2%与6%之间。这些净迁出省份基本都位于中部和东北地区，它们人口数量多、人口密度大且农村劳动力富余，由此带来了巨量的人口迁出规模。与此人口流动概率绝对值较大的省份相比，依然有大量内陆省份的概率值在-0.1%到0.1%之间摇摆。尽管这些区域的社会经济发展水平较低、福利待遇不高，有着极大的人口迁出的推力和潜力，但是由于本身人口规模小且远离经济社会发展水平高的东部沿海区域，因此限制了迁出人口总量。而且，随着西部大开发等区域协调发展战略的实施，大量的人力、财力、物力转移到西部地区，新的就业和发展机会吸引了部分人口的迁入或迁回，一定程度上抵消了劳动力的外流。通过马尔科夫链分别推测出2020与2030年的省际净迁移概率，可以看到，各年份人口净迁移的方向依然保持一致。2020年与2010年相较，省际净迁移概率的绝对值均有较大幅度的下降。至2030年，省际净迁移概率已经几近为零，这也从另一个侧面印证了2030年当城镇化率达到70%以后，省际人口流动趋近平衡状态的假设。

根据中国省际流动人口净迁移总量和省际流动人口净迁移概率，可以得到历年分省流

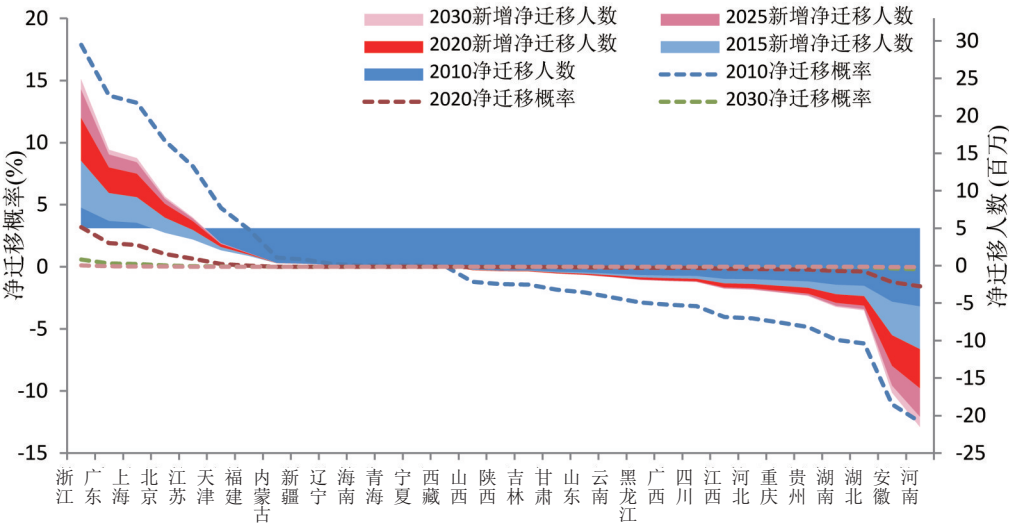


图1 省际流动人口净迁移概率与净迁移人口
Fig. 1 Net transition probability and net migration of each province

③ 在拟合城镇化率与新增城镇人口变化趋势的基础上，采用其最优拟合函数推算城镇化率变化带来的农村人口城镇化规模占新增城镇人口的比例。

动人口净迁移总数。如图1所示,与2010年净迁移人口规模相较,各省净迁移人口总数逐年下降,至2030年以后最终变为零值。例如,广东省作为最大的人口净迁入省份,其人口净迁入数量由2010年的598万人减少到2030年的40万人。另一方面,河南的净迁出人口也从2010年544万人减少到2030年的36万人。总之,到2030年时,省际之间的净迁移人口规模几近为零,省际人口流动趋于平衡。

4 中国省际人口空间格局及其演化2010-2050

4.1 人口密度及其演化特征

图2分别是2010、2015、2020、2030、2040和2050的分省人口密度及位序变化图,展示了省际人口空间格局和演化趋势。从各省人口密度位序及其将来30~40年变化来看,

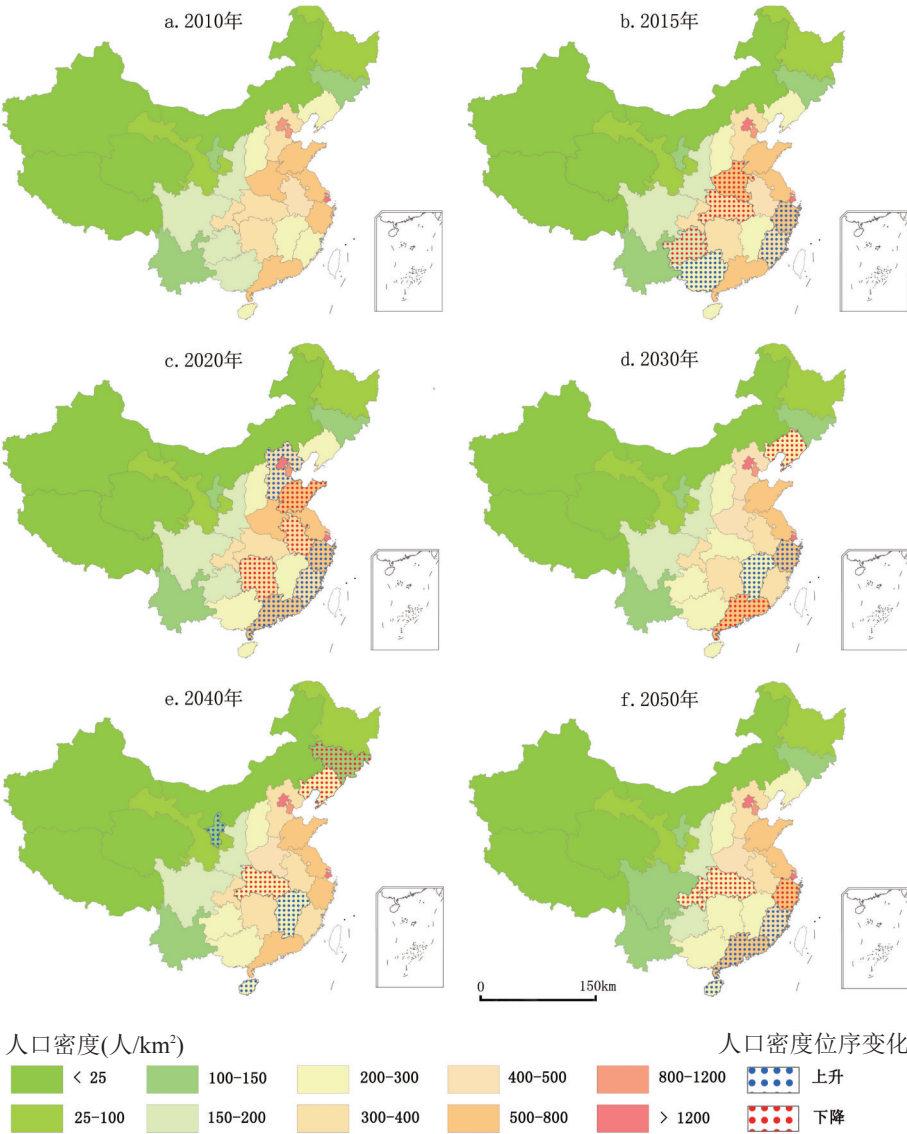


图2 2010-2050年中国分省人口密度与位序变化
Fig. 2 Provincial population density and its ranking change in China (2010-2050)

中国人口空间格局继续保持了东部高、中部次之、东北再次、西部最低的总体格局。东部省份中上海、北京、天津及江苏始终保持在1~4位,人口密度平均值分别为3540人/km²、1411人/km²、1114人/km²和736人/km²;山东由2010年的第5位,分别在2020时被广东与浙江超越,掉至第7位,而广东和浙江则逐步稳定到第5位和第6位;河北基本稳定在第10位;福建的起始为序仅为14位,但在2020年依序超越了湖北、湖南和重庆,最终排列到了第11位;海南是东部省份中位序最末的,起始位序为17位,在2040与2050年分别超过了辽宁和湖北,升至第15位,人口密度平均值为269人/km²。中部省份中河南与安徽作为人口大省,基本稳定在第8位和第10位,人口密度平均值分别为502人/km²、377人/km²;湖南与湖北分别从起始12位与13位,掉至13位和15位;江西是中部省份中人口密度位序唯一上升的,排序从16位至14位;山西始终保持在第18位;湖南、湖北、江西和山西4省的人口密度均在200~300人/km²范围内。东北部辽宁由起始第15位降至17位,人口密度平均值为278人/km²;而吉林和黑龙江分别稳定在23与26位左右,人口密度平均值分别低至137人/km²、80人/km²。西部省份位序基本均在20位以后,除宁夏与重庆的位序有微弱变化之外,均未产生变化,人口密度平均值大多在100人/km²以下;最末3位的新疆、青海和西藏分别为15人/km²、8人/km²、2人/km²。

4.2 人口空间格局的区域类型及其演化特征

根据分省未来历年人口密度变化方差、新增累积净迁移人口总数占总人口峰值的比例、新增累积净迁移人口总数与新增累积最大自然增长人口之比,可将我国划分为人口快速变化区(净迁入主导型、净迁出主导型、自然增长主导型)、人口低速变化区(净迁入型、净迁出型)以及人口平稳区,划分标准与成果如表5所示。净迁入主导型人口快速变化区,包括北京、天津、江苏、上海、浙江及广东,未来新增流动人口总数的99%将迁入该类型区域;净迁出主导型人口快速变化区,包括河南、安徽、重庆、湖北,75%的新增流动人口将由此类型区域迁出;辽宁和山东同属于自然增长主导型人口快速变化区,其新增流动人口比重极小,由人口自然增长变化主导区域的人口快速增减趋势。在低速变化区中,福建和海南作为少有的两个流动人口净迁入型省份,但其隶属的净迁入型人口低速变化区的新增流动人口比重仅为1%;净迁出型人口低速变化区将贡献18%的新增流出人口,但与净迁出主导型人口快速变化区相比,其流动人口数量显著较少。大部西北和西南省份属于人口平稳区,其人口密度呈现出稳中有减的态势。

进一步关注人口快速变化区中各省人口变化态势,尤其是把握其峰值、极小值及其对应年份,将对制定合理的区域政策、实现可持续发展提供重要支撑。如图3所示,净迁入主导型中,最大累积净迁移人口占总人口峰值的比重均大于等于10%,其中上海和北京的

表5 中国人口空间格局的区域类型划分与特征
Tab. 5 Regional type and its characters of spatial pattern in China

区域类型		划分标准			新增累积流动人口比重(%)	新增累积自然增长人口比重(%)	省份
大类	亚类	A	B	C			
人口快速变化区	净迁入主导型	a > 10	b > 5%	c >> 1	99	18	北京、天津、江苏、上海、浙江、广东
	净迁出主导型		b < -5%	c << -1	-75	14	河南、安徽、重庆、湖北
	自然增长主导型		b ≈ 0%	c ≈ 0	-1	6	辽宁、山东
人口低速变化区	净迁入型	5 < a < 10	0 < b < 5%	0 < c < 1	1	5	福建、海南
	净迁出型		-5% < b < 0	-1 < c < 0	-18	31	河北、山西、吉林、黑龙江、湖南、江西、广西、四川、陕西
人口平稳区		a < 5	0 < b < 5%	c ≈ 0	-6	26	贵州、云南、宁夏、甘肃、内蒙古、新疆、青海、西藏

注：A 历年人口密度变化方差；B 新增累积净迁移人口总数占总人口峰值的比例；C 新增累积净迁移人口总数与新增累积最大自然增长人口之比。

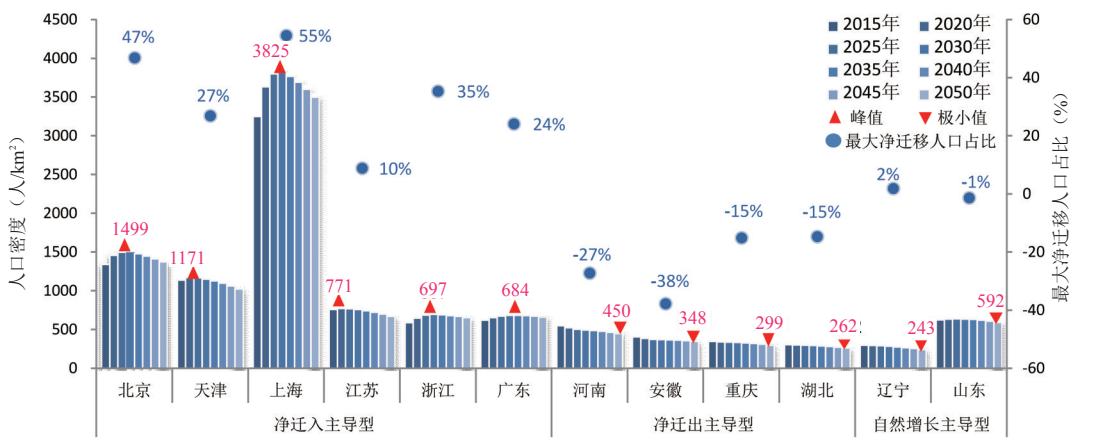


图3 2010-2050年中国人口快速变化区的人口密度预测

Fig. 3 Population densities forecasting for rapidly changing populated region in China (2010-2050)
注: “—”代表净迁出人口

比重将达到55%和47%。6省的人口密度将随着净迁入人口规模的变化而出现先增后减的趋势,天津和江苏在2020时人口密度达到顶峰,分别为1171人/km²、771人/km²;上海、北京、浙江至2030年时人口密度达到最高值,分别为3825人/km²、1499人/km²、697人/km²,与2010年人口密度相较分别增加了1030人/km²、304人/km²、180人/km²;而广东的人口密度持续增加到2035年,最高值为684人/km²,与2010年人口密度相较增加了104人/km²。净迁出主导型中,最大累积净迁移人口占总人口峰值的比重均小于等于15%,其中安徽和河南的比重将达到38%和27%。4个省份的人口密度持续减少,河南、安徽、重庆与湖北作为主要的人口净迁出省份,至2050年人口密度低至450人/km²、348人/km²、299人/km²、262人/km²,与2010年人口密度相较减少了118人/km²、76人/km²、51人/km²、46人/km²。自然增长主导型中,人口净流动量趋近为零,由自然增长率主导人口密度的增减趋势,至2050年辽宁和山东的人口密度分别降至243人/km²、592人/km²。

5 结论与讨论

自上而下的人口预测策略在大尺度空间范围且次级单元较多时具有很强的适用性^[119-20]。本文采用的人口预测方法不仅可以运用到省际层面,也可以参照应用到省域内的县际层面,从而得到县域尺度人口空间格局演化特征。本文中涉及到的平均自然增长率预测人口的自然增长,全国层面省际流动人口的推测以及2030年后城镇化率高于70%时省际流动人口趋近平衡状态的方法既是佐证翔实的经验式做法,在文章中也经过了严格的验证过程,从而增强了全文预测方法的可信性。比如,通过2000-2010年人口自然增长和流动人口变化的研究,应证了通过基期人口数据和平均自然增长率进行人口外推是可信的,也说明了顾及人口省际流动对人口总量数据进行修正的必要;又如,通过省际净流动概率的预测可知,至2030年以后,各省的省际净流动概率已经几近为零,这也从另一个侧面印证了当城镇化率达到70%以后,省际人口流动趋近平衡状态的假设。

从各省人口密度位序及其变化来看,中国人口空间分布密度继续保持了东部高、中部次之、东北再次、西部最低的总体格局^[37-38]。东部省份中上海、北京、天津及江苏始终保持在1~4位,最末3位依次是新疆、青海和西藏。值得说明的是,本次研究关于各省人口密度变化态势的测算,诸如峰值或者极小值及其对应年份,已在针对单个省份的人口预测研究中得到验证,进而突显了本文的有效性和成果覆盖全国各省的整体性与优越性^[39-40]。

根据本文提出的省际人口变化强度及其主导类型的测算指标和量化结果, 可将我国人口格局类型划分为人口快速变化区 (净迁入主导型、净迁出主导型、自然增长主导型)、人口低速变化区 (净迁入型、净迁出型) 以及人口平稳区。对于各种人口格局类型区变化态势的把握, 尤其是人口快速变化区, 将有利于制定合理的区域政策、实现可持续发展。

说明: 关于采用联合国人口司相关人口预测成果的说明

由联合国人口司所采用的队列分量法对中国人口进行预测, 其关键因素是对总生育率变化趋势的正确判断^④。根据第六次全国人口普查结果可知, 中国已经进入低生育率低死亡率低增长率的“低低低”的模式, 纵使顾及国家出台鼓励生育政策的可能, 根据现实经验可知此类政策未必能够奏效^⑤。与中国生育文化较为接近的东亚国家如日本、韩国、新加坡等, 低生育率态势一经形成, 尽管政府鼓励生育, 但其近年来的总和生育率一直处于 1.3 以下的极低状态难以回升^⑥。然而, 《World Population Prospects》2012 版与 2010 版相较, 调高了近 30 年的总生育率, 而且认为中国人口总生育率已经触底反弹, 并在本世纪内将持续上升到 1.88。另一方面, 《World Population Prospects》2012 版中 2010 年中国人口总量为 13.59 亿, 比中国官方数据多出 2000 多万人, 而 2010 版对 2010 年人口估计只比六普的总数高出 600 多万人^⑦。因此, 采用《World Population Prospects》2010 版的预测成果作为全国尺度的人口预测总量对省级人口预测数量进行调控和优化。当然, 虽然联合国《World Population Prospects》2012 版的人口预测存在争议, 但基于联合国不同版本《World Population Prospects》的多情景推测人口总量, 对中国省际人口空间格局研究还是有比照意义的。

参考文献 (References)

- [1] Zhang Kevin Honglin, Song Shunfeng. Rural-urban migration and urbanization in China: Evidence from time-series and cross-section analyses. *China Economic Review*, 2003, 14: 386-400.
- [2] National Bureau of Statistics (NBS). *China Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2001.
- [3] National Bureau of Statistics (NBS). *China Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2011.
- [4] Chen Daiyun. Improve policies to realize reasonable distribution of floating population. *People's Daily*. <http://opinion.people.com.cn/GB/17805735.html>.
- [5] Liu Shenghe, Deng Yu, Hu Zhang. Research on classification methods and spatial patterns of the regional types of China's floating population. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(10): 1187-1197. [刘盛和, 邓羽, 胡章. 中国流动人口地域类型的划分方法及空间分布特征. *地理学报*, 2010, 65(10): 1187-1197.]
- [6] Andrew M. Isserman: Projection, forecast, and plan on the future of population forecasting. *Journal of the American Planning Association*, 1984, 50(2): 208-221.
- [7] Keyfitz N. *Introduction to the Mathematics of Population*. Reading, Mass: Addison-Wesley, 1968.
- [8] Keyfitz N, Caswell H. *Applied Mathematical Demography*. 3rd ed. New York: Springer, 2005
- [9] Nakicenovic et al. *Special Report on Emissions Scenarios*, IPCC. Geneva and Cambridge University Press, 2000.
- [10] Dietrich Stauffer. Simple tools for forecasts of population ageing in developed countries based on extrapolations of human mortality, fertility and migration. *Experimental Gerontology*, 2002, 37: 1131-1136.
- [11] Ballard, Kenneth, Robert Wendling. The national-regional impact evaluation system: A spatial model of U S. economic and demographic activity. *Journal of Regional Science*, 1980, 20: 143-158.
- [12] Plaut Thomas. An econometric model for forecasting regional population growth. *International Regional Science Review*, 1981, 6: 53-70.
- [13] Long John F. Migration and the phase of population redistribution. *Journal of Development Economics*, 1985, 17: 29-42.
- [14] Bach R L, Schraml L A. Migration, crisis, and theoretic conflict. *International Migration Review*, 1982, 16: 320-341.
- [15] Wood C H. Equilibrium and historical-structural perspectives on migration. *International Migration Review*, 1982, 6: 298-319.

④ Xizhe Peng. China's Demographic History and Future Challenges. *Science*, 2011(333): 581-587.

⑤ 马建堂. 中国人口进入低生育率、低死亡率、低增长率时期. <http://news.cntv.cn/20110428/107759.shtml>.

⑥ 蔡泳. 联合国人口预测对中国生育率仍高估. <http://dycj.yinet.com/3.1/1105/23/5904872.html>.

⑦ 朱勤. 中国人口预测值需调高? 联合国报告假设待商榷. http://finance.ifeng.com/a/20130708/10094245_0.shtml.

- [16] de Gans H A. Population Forecasting 1895-1945: The Transition to Modernity. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 1999.
- [17] Riahi K, Kolp P, Grubler A. National Scenarios of Economic Activity (GDP): A downscaling exercise based on SRES, IR-05-063. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 2005.
- [18] O'Neill B, Goujon A, Prommer I et al. Downscaling of SRES population scenarios from regional to national level, IR-05-062. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 2005.
- [19] Gaffin S R, Rosenzweig C, Xing X et al. Downscaling and geo-spatial gridding of socio-economic projections from the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES). Glob. Environ. Change, 2004, 14: 105-123.
- [20] Harris R S, Moore E G. A historical approach to mobility research. Professional Geographer, 1980, 32: 22-29.
- [21] Booth H, Hyndman R J, Tickle L et al. Lee-Carter mortality forecasting: A multi-country comparison of variants and extensions. Demographic Research, 2006, 15(9): 289-310.
- [22] Hyndman R J, Ullah M S. Robust forecasting of mortality and fertility rates: A functional data approach. Computational Statistics & Data Analysis, 2007, 51: 4942-4956.
- [23] Grubler A, O'Neill B, Riahi K et al. Regional, national, and spatially explicit scenarios of demographic and economic change based on SRES. Technological Forecasting & Social Change, 2007, 74: 980-1029.
- [24] Akimoto K, Homma T, Kosugi T et al. Analysis of energy strategy by country for global warming mitigation beyond Kyoto with a world energy systems model//Paper Presented at the International Energy Workshop, Held June 2022 at the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 2004, www.iiasa.ac.at/Research/ECS/IEW2004/docs/Akimoto_2004IEW.ppt.
- [25] George M V, Perreault J. Methods of external migration projections and forecasts//Keilman N, Cruijsen H. National Population Forecasting in Industrialized Countries. Amsterdam: Swets and Zeitlinger, 1992: 87-103.
- [26] Rob J Hyndman, Heather Booth. Stochastic population forecasts using functional data models for mortality, fertility and migration. International Journal of Forecasting, 2008, 24: 323-342.
- [27] 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. [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.]
- [28] Duan Xuejun, Wang Shuguo. Evolution of population distribution and growth shift in Changjiang River Delta. Acta Geographica Sinica, 2008, 28(2): 139-144. [段学军, 王书国. 长江三角洲地区人口分布演化与偏移增长. 地理学报, 2008, 28(2): 139-144.]
- [29] Cheng Xiaoliang, Rao Fenfang. Analysis of influence of road, river on population distribution under different terrain environment: Take Huangshan City as an example. Resource Development & Market, 2008, 24(5): 417-419. [程晓亮, 饶芬芳. 不同地形环境下道路、河流对人口分布影响的分析: 以黄山市为例. 地理学报, 2008, 24(5): 417-419.]
- [30] Zhu Baoshu. The changes in fertility of the migrants in the urban from the rural. South China Population, 2011, 26(6): 42-50. [朱宝树. 乡—城转移人口的生育率水平问题. 南方人口, 2011, 26(6): 42-50.]
- [31] 梁秋生. 外来流入人口的分母效应与大城市育龄妇女的超低总和生育率: 以京、津、沪为例. 人口研究, 2004, (5): 19-27. [Liang Qiusheng. The denominator effect of migration and low fertility of women in metropolitan: Case study on Beijing, Tianjin and Shanghai. Population Research, 2004, (5): 19-27.]
- [32] Cai Jianming, Wang Guoxia, Yang Zhenshan. Future trends and spatial patterns of migration in China. Population Research, 2007, 31(5): 9-20. [蔡建明, 王国霞, 杨振山. 我国人口迁移趋势及空间格局演变. 人口研究, 2007, 31(5): 9-20.]
- [33] National Health and Family Planning Commission of PRC. China Floating Population Development Report, 2010. Beijing: China Population Press, 2010. [人口计生委流动人口服务管理司. 中国流动人口发展报告, 2010. 北京: 中国人口出版社, 2010.]
- [34] Northam R M. Urban Geography. New York: J. Wiley Sons, 1975: 65-67.
- [35] Wang Guixin, Pan Zehan. China's floating population spatial distribution and influencing factors: Evidence from year 2010 population census of China. Modern Urban Research, 2013, (3): 4-13. [王桂新, 潘泽瀚. 我国流动人口的空间分布及其影响因素: 基于第六次人口普查资料的分析. 现代城市研究, 2013, (3): 4-13.]
- [36] CPC Central Committee and State Council. National New-type Urbanization Planning, 2014-2020. 2014. [中共中央国务院. 国家新型城镇化规划 (2014-2020年). 2014.]
- [37] Liu Ruiwen, Feng Zhiming, You Zhen. Research on the spatial pattern & formation mechanisms of population agglomeration & shrinking in China. China Population, Resource and Environment, 2010, 20(3): 89-94. [刘睿文, 封志明, 游珍. 中国人口集聚格局与形成机制研究. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(3): 89-94.]
- [38] Han Hui, Liu Yong, Liu Ruiwen. The spatial patterns of China's population and their cause of formation. Journal of Lanzhou University: Social Sciences, 2000, 28(4): 16-21. [韩惠, 刘勇, 刘瑞雯. 中国人口分布的空间格局及其成因探

讨. 兰州大学学报: 社会科学版, 2000, 28(4): 16-21.]

- [39] Liu Guilian, Wang Fulin. Forecast and analysis of population in Heilongjiang. Journal of Northeast Agricultural University, 2007, 5(2): 89-92. [刘桂莲, 王福林. 黑龙江省人口预测及分析. 东北农业大学学报: 社会科学版, 2007, 5(2): 89-92.]
- [40] Li Haizhen. The prediction of Shanxi population based on GM (1, 1) Model. Journal of Jiangnan University, 2012, 11(6): 370-374. [李海珍. 基于 GM (1, 1) 模型的山西省人口预测. 江南大学学报, 2012, 11(6): 370-374.]

Spatial pattern and its evolution of Chinese provincial population and empirical study

DENG Yu¹, LIU Shenghe¹, CAI Jianming¹, LU Xi²

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. School of Engineering and Applied Sciences, Harvard Cambridge, MA 02138, USA)

Abstract: China has been experiencing unprecedented urbanization process. In 2011, China's urban population reached 691 million with an urbanization rate of 51.27%. Urbanization level is expected to increase to 70% in China in 2030, reflecting the projection that nearly 300 million people would migrate from rural areas to urban areas over this period. At the same time, the natural growth rate of China's population is declining due to the combined effect of economic growth, improvement in education quality, and modern social consciousness. As a result, Chinese government has loosened its "one-child policy" gradually by allowing childbearing couples to have a second child if either of them is from a one-child family. An accurate prediction of the future spatial pattern of population and its evolution is critical for a variety of key policy-making processes in China, such as industrial development, ecological conservation, industrial upgrading and transfer, and environmental protection. In this paper, a top-down method was developed to project the spatial distribution of China's future population with considerations of both natural population growth at provincial level and the population migration between provinces from 2010 to 2050. The results suggested that the overall spatial pattern of Chinese population is unlikely to change significantly over the next four decades. Shanghai, Beijing, Tianjin and Jiangsu will remain the top 4 provinces in terms of population density in China, and Xinjiang, Qinghai and Tibet continue to have the lowest density of population. China's population is projected to continue to concentrate in eastern coastal provinces. Population densities of Shanghai, Beijing, Zhejiang will peak in 2030, while that of Guangdong will keep increasing until 2035. Due to the large amount of moving-out labors and gradually declining fertility rates, population densities for Central and Northeast China will decrease from 292 persons per km² in 2010 to 253 persons per km² in 2050, exhibiting a downward trend. The majority of the western provinces, including Shaanxi, Chongqing, Guizhou, Yunnan, Sichuan, Gansu, Ningxia, Qinghai, Xinjiang, Tibet, Guangxi and Inner Mongolia are likely to remain sparsely populated, with an averaged population density no more than 100 persons per km².

Key words: China; inter-province; population; migration; spatial pattern