

The Research of Population Prediction in Guangxi by Leslie Model

Zhiqiang Chen^{1,2}, Jinggui Huang³, Shi Wei⁴

¹Guangxi Institute of Human Resources and Social Security, Nanning Guangxi

²Key Laboratory for Mixed and Missing Data Statistics of the Education Department of GuangXi Province, Nanning Guangxi

³Guangxi Bureau of Statistics, Nanning Guangxi

⁴College of Science of Hezhou University, Hezhou Guangxi

Email: yazi2134@163.com

Received: Sep. 8th, 2016; accepted: Sep. 24th, 2016; published: Sep. 30th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The future population change is the important basis for formulating region policies. Based on the data of 6th nationwide census of Guangxi in 2010, this paper constructed the prediction model of population size and age structure of Guangxi in 2015-2030 by Leslie matrix model, and explored the evolution trend of population structure, providing the reference for social and economic development planning and relevant policies.

Keywords

Leslie Model, Population Prediction, Age Structure

基于Leslie模型的广西人口预测研究

陈志强^{1,2}, 黄靖贵³, 韦 师⁴

¹广西人力资源和社会保障研究所, 广西 南宁

²混合与缺失数据统计分析广西高校重点实验室, 广西 南宁

³广西统计局, 广西 南宁

⁴贺州学院理学院, 广西 贺州

Email: yazi2134@163.com

收稿日期：2016年9月8日；录用日期：2016年9月24日；发布日期：2016年9月30日

摘要

未来人口变化是地区制定有关政策的重要依据。文章以广西2010年第六次全国人口普查数据为基础，利用Leslie矩阵模型，构建了广西2015~2030年间的人口规模和年龄结构预测模型，探索广西人口结构演变趋势，为制定社会经济发展规划及相关政策提供参考。

关键词

Leslie模型，人口预测，年龄结构

1. 引言

人口是社会的基础要素和地区发展的重要资源，其数量和结构是反映一个地区基本情况的重要指标，也是地区区域经济和社会发展研究中必须考虑的重要因素之一。我国自上世纪70年代实行计划生育政策以来，人口总量基本得到控制，生育率持续保持较低水平，人口预期寿命的不断延长，人口年龄结构凸显出老龄化趋势越发明显的现状。根据国际通用标准，我国在1999年就已经进入老龄化社会。老龄化带来的社会影响已成为当前的热点问题之一[1][2]。

人口预测就是根据现有的人口状况并考虑影响人口发展的各种因素，按照科学的方法，测算在未来一段时间内的人口规模、结构水平和趋势。预测未来人口变化是一个地区指定有关政策的重要依据，本文以广西2010年第六次全国人口普查数据为基础，利用Leslie矩阵模型，构建了广西2015~2030年间的人口规模和年龄结构预测模型，探索广西人口结构演变趋势，提出相应的人口对策和建议为制定社会经济发展规划及相关政策提供重要信息和参考。

2. 广西现阶段人口情况分析

2.1. 广西人口年龄结构类型进入年老型

国际上通常按一定的指标标准把人口年龄结构划分为三个类型：年轻型、成年型和年老型。一般而言，老年型社会的主要标志是65岁以上人口比重在7%以上，或者60岁以上人口比重在10%以上(见表1)。

从历年来广西有关数据显示，2000年第五次全国人口普查时广西人口年龄结构类型已逐渐进入老年型，到2010年，四项指标的数值均超过了标准数值，广西人口年龄结构类型完全进入老年型(见表2)[3]。

2.2. 老年人口系数明显上升，少年儿童系数有所下降，老少比上升

20世纪80年代以来，广西老年人口规模越来越大，增长迅速。广西2010年第六次全国人口普查数据显示，2010年，广西60岁及以上老年人口603.62万人，占普查登记人口的比重为13.12%。其中65岁以上人口426.3万人，占普查登记人口的9.24%。而这一指标在2011年上升为9.83%，之后缓降至2013年的9.66%。可见，老年人口系数上升趋势明显。

同时，0~14岁少年儿童人口在总人口中所占比重的变化是影响人口老龄化进程的主要因素。20世纪

80年代以来,特别是进入90年代,广西的生育率迅速下降,出生人口大量减少,致使0~14岁少年儿童人口数及所占比重较大幅度下降。按照联合国关于人口进入老龄化阶段标准中的少年儿童系数为30%以下来衡量,2010年广西的此指标数值为21.71%,2013年广西该指标值为21.57%。达到了此标准数值。

由于出生人口大幅度减少,少年儿童人口绝对量下降,而老年人口绝对量基本已确定,老少比呈现上升之势。1990年广西的老少比为16.22%,2010年继续上升为42.57%,比2000年上升14.68个百分点。按照联合国关于人口进入老年化阶段标准中的“老少比为30%以上”来衡量,2013年广西指标数值为44.78%,远远超出该标准数值。

2.3. 平均预期寿命继续增加

从人口平均预期寿命来看,2010年人口普查0岁人口平均预期寿命为75.11岁,比2000年的73.29岁,增加了1.82岁。其中男性从2000年的71.07岁增加到71.77岁,增加了0.7岁;女性从2000年的75.67岁增加到79.05岁,增加了3.38岁。与女性相比,男性平均预期寿命少7.28岁。与全国相比,广西人口平均预期寿命比全国平均(74.83岁)高0.28岁,其中男性比全国平均低0.61岁,女性比全国平均高1.68岁(见表3)。

3. 广西人口老龄化发展趋势预测

人口预测的基本原理,是根据当前人口和经济社会状况及发展趋势,提出一些假设条件,利用人口预测模型,动态地体现一定区域不同时点人口的基本状态之间的联系和规律。

3.1. 预测模型简介

1) 模型简介。Leslie模型是一种以年龄和性别为基础的离散矩阵模型,1945年,澳大利亚学者Leslie首次提出一种具体的矩阵机理的离散化随机模型,预测人口总量的同时,在一定程度上也可以反映人口

Table 1. Criteria for classification of age structure of population

表 1. 人口社会年龄结构类型划分标准

	0~14岁人口比重(%)	65岁及以上人口比重(%)	老少比(%)	年龄中位数(岁)
年轻型	40以上	5以下	15以下	20以下
成年型	30~40	5月7日	15~30	20~30
年老型	30以下	7以上	30以上	30及以上

Table 2. The age structure of population in Guangxi

表 2. 广西历年人口年龄结构变化

指标	0~14岁人口比重(%)	65岁及以上人口比重(%)	老少比(%)	年龄中位数(岁)
1982年	37.45	5.12	13.67	22.86
1990年	33.83	5.42	16.22	19.98
2000年	26.2	7.31	27.89	28.45
2010年	21.71	9.24	42.57	32.99
2011年	21.80	9.83	45.09	-
2012年	21.96	9.74	44.35	-
2013年	21.57	9.66	44.78	-

资料来源:《广西壮族自治区2010年人口普查资料》《广西统计年鉴2014》。

Table 3. The natural growth and life expectancy of the population of Guangxi in recent census
表 3. 广西近几年人口普查人口自然增长及预期寿命情况

年份	出生人口(万人)	出生率(‰)	死亡人口(万人)	死亡率(‰)	自然增长率(‰)	人口平均预期寿命(岁)
1989	96.93	23.29	23.42	5.62	17.67	71.08
2000	61.84	13.60	25.1	5.63	7.97	73.29
2010	71.53	14.13	25.12	5.48	8.65	75.11

资料来源：《广西壮族自治区 2010 年人口普查资料》《迈向小康社会的中国人口(广西卷)》。

结构的发展趋势，克服了其他许多模型只能在总量上预测的缺陷。

Leslie 模型最初一直应用于研究动物数量的发展变化，后来逐渐才被应用于人口的预测研究领域。Leslie 模型的构建原理是按性别分组，以女性某一初始时期的分年龄别人口数作为一个列向量，通过年龄别生育率、年龄别死亡率构建矩阵，左乘分年龄别人口数的列向量，得到新的列向量即为预测的女性人口，通过男女性别比例推算总人口规模。所以 Leslie 模型是以离散的人口相关自变量、性别分组及某一初始时期的人口发展数据为机理，能对未来某个区域进行人口规模和年龄结构的预测的综合模型。任强、侯大道(2011)将 Leslie 模型与 ARMA 模型结合组建模型，对我国未来四十年的人口结构变化趋势进行预测，并指出，Leslie 模型具有很好的稳定性[4]。张迎春、侯园园等(2014)利用 Leslie 模型，预测了“单独二胎”政策条件下的人口年龄结构变化[5]。席玮(2015)利用队列要素法对我国 2013~2035 年的人口年龄结构变动情况进行预测，探索未来人口结构演变的趋势[6]。高圣国(2011) 2000 年人口普查的数据为基础，结合近几年生育和死亡的统计数据，建立了具有年龄和性别结构的发展模型，对我国未来人口的变化特征进行了预测[7]。田飞(2011)对比分析了各种人口预测方法，认为人口学方法目前已经成为人口预测的标准模式，而概率预测法结合了统计学方法的基本原理，预测结果更加科学[8]。

2) 预测周期。在不考虑人口迁移的情况下，以 2010 年为基年，2030 年为末年，预测周期为 20 年。选用广西第六次全国人口普查的单岁组年龄结构作为基年人口年龄结构。

3) 符号说明及模型建立。用 $x_i(t)$ 表示第 t 年第 i 年龄组的女性人口数，其中 $i = 0, 1, 2, \dots, 90+$ 。 $b_i(t)$ 表示第 t 年 i 年龄组女性生育率，育龄区间为 15~49 岁。 $d_i(t)$ 表示第 t 年 i 年龄组女性的死亡率。 $s_i(t)$ 表示第 t 年 i 年龄组女性人口的存活率，即 $s_i(t) = 1 - d_i(t)$ 。 $w(t)$ 是第 t 年出生人口中女性新生儿所占比例，则第 $t + 1$ 年第 1 年龄组的女性人数为：

$$x_1(t+1) = \sum_{i=1}^m b_i w x_i(t) \tag{1}$$

第 $t + 1$ 年第 $I + 1$ 年龄组的女性人口是从第 t 年第 i 年龄组存活下来的人数。

$$x_{i+1}(t+1) = s_i(t) x_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, m - 1; t = 0, 1, 2, \dots \tag{2}$$

构造 Leslie 矩阵

$$L = \begin{bmatrix} wb_1 & wb_2 & \dots & wb_{m-1} & wb_m \\ s_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & s_{m-1} & 0 \end{bmatrix}, \quad i \notin [i_1, i_2] \text{ 时}, b_i = 0$$

则(1)和(2)式可记为：

$$x(t+1) = Lx(t)$$

Table 4. The total fertility rate of population development in Guangxi
表 4. 广西人口发展预测的总和生育率方案

年份	高方案	中方案	低方案
2010	1.789	1.789	1.789
2020	2.0000	1.8000	1.5700
2030	2.1000	1.9000	1.5000

进一步递推公式可得到Leslie矩阵模型的预测公式:

$$x(t) = L^t x(0) \quad (3)$$

只要已知Leslie矩阵及初始女性人口分布向量 $x(0)$, 就可以求出第 t 年女性人口的分布数量, 从而再根据男女性别比推算出总人口的各项指标。

4) 相关参数设置

① 年龄别生育率和死亡率。生育模式即育龄妇女分年龄生育数量在全部生育活动中所占的比例, 预测采用2010年广西生育模式不变和广西2010年人口普查数据死亡率不变。

② 总和生育率为控制变量, 总和生育率(TFR)作为生育水平参数, 通过调整TFR来控制未来出生人口数。以第六次全国人口普查显示的广西育龄妇女分年龄出生人数和分年龄育龄妇女数为基础, 总和生育率微为1.789, 并以此为起点值, 按照高、中、低预设了三种方案, 模拟未来生育率的变动趋势及其政策性内涵(见表4)。

③ 为了防止未来人口性别比的失衡, 预测人口出生性别比从 2010 年的 122 线性插值到 2020 年为 110, 以后保持 110 的水平不变至 2030 年。

3.2. 模型求解

利用 Matlab7.0 编程, 对 2010~2030 年广西人口总量全区人口总量、人口年龄系数(指不同年龄段人口在总人口中的比重, 按年龄段划分为少年儿童人口系数、青壮年人口系数、老年人口系数)、人口抚养比、人口性别比等指标进行预测。

1) 不同方案的人口规模趋势

高方案。2015 年广西常住人口规模为 4867.9 万人, 2019 年的常住人口规模突破 5000 万人, 此后 11 年平均每年净增 35 万人左右, 2030 年为 5410 万人。未来 20 年, 广西常住人口 65 岁以上老年系数逐年提高, 2030 年达 15.14%。

中方案。2015 年广西常住人口规模为 4858 万人, 2020 年的常住人口规模突破 5000 万人, 此后 10 年平均每年净增 23.8 万人左右, 2030 年为 5272 万人, 人口规模和增速分别比高方案少 138 万人。未来 20 年, 广西常住人口 65 岁以上老年系数逐年提高, 2030 年达 15.55%。

低方案。2015 年广西常住人口规模为 4819 万人, 2030 年的常住人口规模为 4934 万人, 人口规模比高方案少 476 万人, 比中方案少 339 万人, 此时将显示出峰值人口, 人口将转由负增长。未来 20 年, 广西常住人口 65 岁以上老年系数逐年提高, 2030 年达 15.96%。经初步检验, 选择中方案作为人口发展预测的首选方案(见表 5)。

2) 中方案下的广西人口年龄结构情况

① 人口抚养比。本文预测的人口抚养比主要包括少儿抚养比(即 0~14 岁人口数与劳动力年龄人口之比)、老年人口抚养比(65 岁以上人口与劳动力年龄人口之比)和总抚养比(具体如图 1 所示)。

结合图 1 及预测具体数值看,未来 20 年,广西 0~14 岁人口占比总体呈下降趋势,2015 年为 21.7%,比 2010 年下降 0.06 个百分点,2022 年降到 21.21%,2030 年降至 19% 左右,即相当于 100 个人口中少年人口为 19 个左右;同时,老年人口抚养比从 2010 年的 13.37% 上升至 2020 年的 18.25%,在 2030 年达到 23.84%,可以看出,广西未来老年人口抚养比增长迅速,总抚养总体呈上升趋势,从 2010 年的 44.91% 逐渐上升到 2022 年的 50.99%,之后出现一个小幅回落只 2025 年的 49.45%,然后保持持续上涨至 2030 年的 53.33%,未来 20 年,广西人口总抚养比将超过 50%,劳动力年龄人口的负担加重。

② 人口结构比例变化趋势

图 2 显示了 0~14 岁、15~64 岁及 65 岁以上三个年龄段人口占比的变动趋势。未来 20 年,广西 0~14 岁人口占比呈现出轻微下降趋势,14~64 岁人口占比总体呈下降趋势,65 岁以上人口占比则稳步上升,人口结构逐渐倾向于倒金字塔型。

③ 劳动力年龄人口及老龄化水平

图 3 是广西 2010~2030 年劳动年龄人口占总人口比重及老年人口占总人口比重趋势图,可以看出,未来几十年内,广西劳动力人口在总人口所占的比重基本呈下降趋势,从 2010 到 2030 年,劳动年龄人

Table 5. The trend of population size in Guangxi in the next 20 years

表 5. 未来 20 年广西人口规模变动趋势

	高方案	中方案	低方案
2010 年	4640.7	4640.7	4640.7
2011 年	4686.9	4686.2	4679.6
2012 年	4733.2	4731.2	4717.2
2013 年	4778.9	4775	4753.3
2014 年	4824	4817.4	4787.4
2015 年	4867.9	4858.2	4819.0
2016 年	4910.9	4897.4	4848.3
2017 年	4952.4	4934.5	4874.7
2018 年	4992.7	4969.8	4896.4
2019 年	5031.9	4993.6	4916.5
2020 年	5068.8	5034.5	4931.4
2021 年	5105.2	5064.1	4945.0
2022 年	5140.8	5092.2	4957.1
2023 年	5175.3	5118.4	4966.6
2024 年	5209.6	5143.5	4975.0
2025 年	5243.1	5167.1	4981.2
2026 年	5276.5	5189.8	4981.4
2027 年	5310	5211.7	4975.3
2028 年	5343.3	5232.6	4962.4
2029 年	5377.5	5253.5	4949.3
2030 年	5410.9	5272.8	4934.3

口比重下降了 3.79 个百分点，但总量上仍保持在 65% 以上的比值。劳动力供给仍然充裕。同时，广西未来几十年内老年人口比重是趋于上升的，老龄化程度加剧。到 2030 年将达到 15.55%。是国际标准的 2 倍还多，届时，广西将进入深度老龄化。

4. 广西人口发展趋势的影响分析

4.1. 人口结构变化对社会保障压力加剧

预测数据显示，未来 20 年，广西人口老龄化将持续加剧。老年人口比重迅速提高，首当其冲受到冲击的将是社会养老保障、医疗保障的可持续性，地方财政用于基本养老金、社会保险基金等方面的支出将持续增加，对老年人口提供的医疗、福利等社会服务和基础设施的投资不断加大。同时，老龄化加剧也会导致家庭养老负担加重，老年人口社会保障将受到严峻考验。

4.2. 人口结构变化对经济发展影响凸显

随着老年人口的不断增多，社会对老年消费品的需求不断加大，长期来看，消费结构的变化必然影响产业结构和经济结构要有随之而来的变化与调整。同时，人口结构的变化也在一定程度上影响着储蓄，在预期寿命延长的影响下，老龄化对储蓄率将出现正向效应。而储蓄是投资的基础，储蓄的不断增加自然导致投资尤其是与老年产业有关的投资增加。

5. 广西人口结构转变下的政策建议

5.1. 稳定低生育水平，适时调整生育政策

人口是经济社会发展最基本、最重要的资源。广西是我国人口最多的民族自治区，一个合理的人口发展速度是促进广西人口结构优化的重要指标，因此，要充分考虑人口结构变化对经济社会发展的影响，把人口正常更替作为重要人口发展的重要目标。同时，保持中低水平的生育水平，要制定人口与经济社会发展协调的人口政策，在合适的时期，调整生育政策，目前“单独”二孩实施就是一个积极的措施，可以在一定程度上化解人口结构矛盾引发的问题，逐步实现以提高质量和调整结构为主的人口政策，即

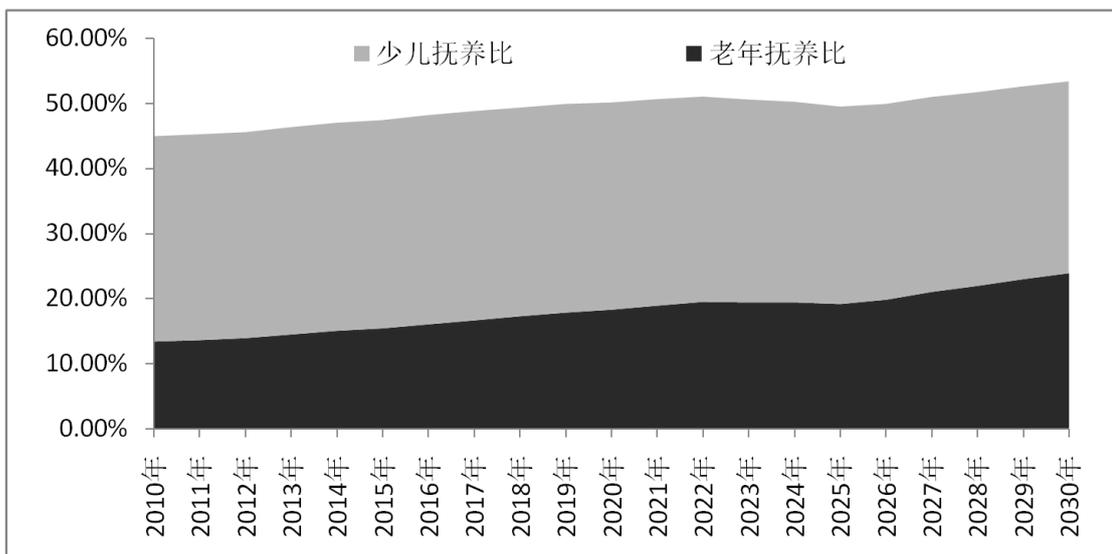


Figure 1. Guangxi population dependency ratio trend chart in 2010-2030

图 1. 2010~2030 年广西人口抚养比趋势图

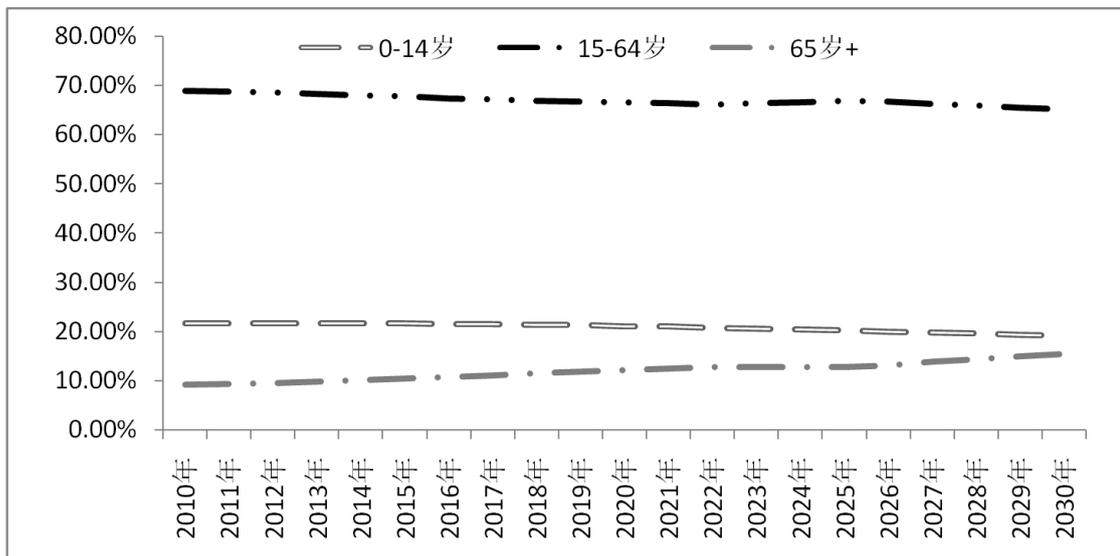


Figure 2. 2010-2030 Guangxi population age structure proportion change trend

图 2. 2010~2030 广西人口年龄结构比例变动趋势

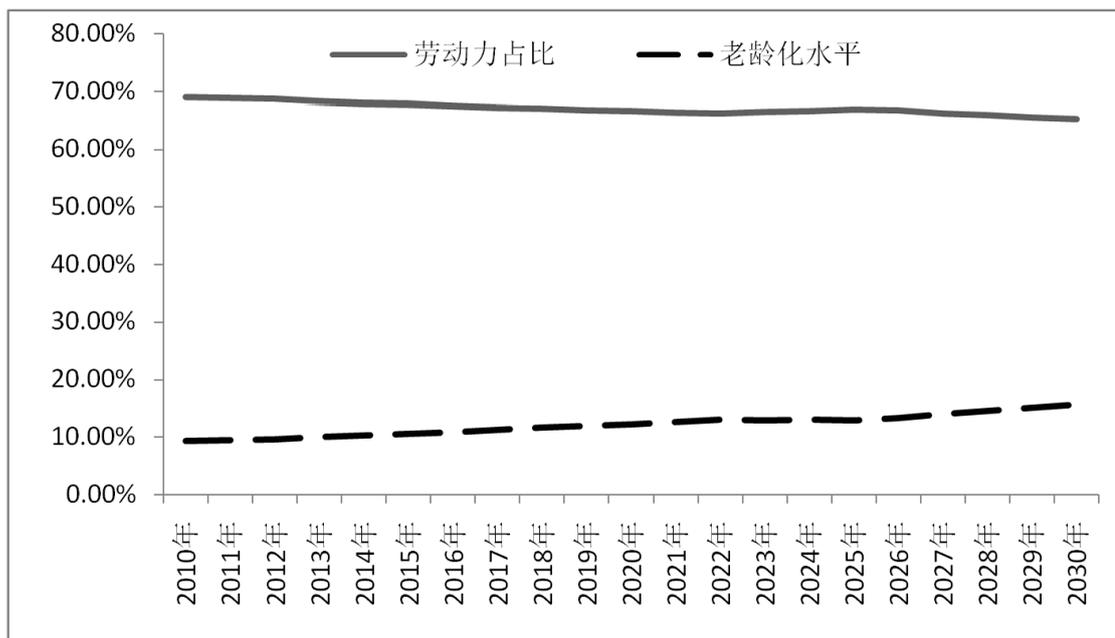


Figure 3. Guangxi's aging population and the changing trend of labor force in 2010-2030

图 3. 2010~2030 广西人口老龄化及劳动力变动趋势

要保持稳定的中低生育水平，又有利于人口结构优化发展。

5.2. 坚持发展经济，积极应对人口老龄化

在当前经济新常态模式下，保持“广西速度”持续发展经济，突出“保增长、调结构、扩内需”的经济发展政策，特别是将应对老龄化战略纳入广西经济中长期发展规划，结合区域发展进程和城乡差异，健全养老保险机制，建立健全广泛覆盖“老有所养、病有所医、贫有所济、灾有所救，残有所助”的社会保障体系。从政府层面推动老龄事业发展，通过政策扶持、资金投入等措施，将老龄产业发展为广西

战略性新兴产业，促进老年产品市场繁荣。

5.3. 引导人口有序流动，合理分布

从目前广西人口分布来看，不均衡性突出。十二五期间，广西城镇化进程加快，大规模人口流动成为发展趋势，中心城市人口密度过大，而随着国家“一路一带”战略实施，广西作为有机衔接的重要门户，进一步凸显广西特有的地理位置和特殊战略地位。因此，要打造现代化都市，深入实施“美丽广西”“生态广西”，建立健全流动人口的统筹管理体制，形成引导人口有序流动、合理分布的社会经济政策，以高质量的生态环境、宜居宜业的区域定位，促进人口分布更加均衡、合理。

基金项目

混合与缺失数据统计分析广西高校重点实验室基金资助课题(GXMMSL201401)，广西人力资源和社会保障所科研项目。

参考文献 (References)

- [1] 温勇, 尹勤. 人口统计学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2006.
- [2] 李永胜. 人口统计学[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2002.
- [3] 广西第六次全国人口普查办公室. 迈向小康社会的中国人口(广西卷) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [4] 任强, 侯大道. 人口预测的随机方法: 基于 Leslie 矩阵和 ARMA 模型[J]. 人口研究, 2011, 35(2): 58-41.
- [5] 张迎春, 侯园园, 韩晓庆. 单独二胎政策条件下人口年龄结构预测研究[J]. 经济统计学, 2014(2): 135-146.
- [6] 席玮, 于学霆. 我国人口年龄结构的预测与分析[J]. 统计与决策, 2015, 30(3): 112-116.
- [7] 高圣国. 具有人口年龄和性别结构的中国人人口预测模型[J]. 统计与决策, 2011(5): 26-27.
- [8] 田飞. 人口预测方法体系研究[J]. 安徽大学学报(哲学社会科学版), 2011, 35(5): 151-156.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网覆盖推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sa@hanspub.org