

# Constructing Population Mathematical Model Based on MATLAB to Study the Influence of the Second Birth Opening on Chinese Population

Guangzheng Jing, Ruotong Wang, Fei Zhao, Juhe Sun

College of Electronic Information Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning  
Email: 1161996703@qq.com, 2836945694@qq.com

Received: Apr. 26<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 12<sup>th</sup>, 2018; published: May 24<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In response to the current problems of aging in China, unbalanced labor supply and demand, and family pressure, our country has introduced a comprehensive two-child policy. This article is an analysis of the impact of the comprehensive two-child policy on the Chinese population. The population of the Chinese population from 2015 to 2030 is forecasted by improving the Leslie matrix population prediction algorithm, as well as the progressive deduction method and the queue element method based on the demographic factors and demographic principles of the population itself. Applying MATLAB and SPSS software, long-term and short-term labor problems, ageing issues, and dependency ratios after the implementation of the second-child policy are predicted. Comparing the data obtained with the existing data, it is concluded that the opening of the second child has a positive effect on China's economic development, the alleviation of aging, and the increase in the number of laborers.

## Keywords

Comprehensive Two-Child Policy, Population Growth, Improved Leslie Matrix, Queue Element Method Based on Demographic Factors and Demographic Principles, Aging, Labor Force

---

# 基于MATLAB构建人口数学模型研究二胎开放对中国人口的影响

景光铮, 王若桐, 赵 飞, 孙菊贺

沈阳航空航天大学电子信息工程学院, 辽宁 沈阳

Email: 1161996703@qq.com, 2836945694@qq.com

收稿日期: 2018年4月26日; 录用日期: 2018年5月12日; 发布日期: 2018年5月24日

## 摘要

为应对我国目前老龄化严重、劳动力供需不平衡、家庭压力大等问题,我国出台全面二孩政策,本文是对全面二孩政策对中国人口的影响的分析。通过改进Leslie矩阵的人口预测算法,以及逐步推演法和基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法预测了2015年到2030中国的人口。应用MATLAB和SPSS软件对二孩政策实施后的劳动力问题、老龄化问题和抚养比问题分别进行长期和短期的预测。对得出数据与现有数据进行比较得出结论,开放二胎以后对我国经济发展、缓解老龄化以及提高劳动力数量具有积极作用。

## 关键词

全面二孩政策, 人口增长, 改进型Leslie矩阵, 基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法, 老龄化, 劳动人口

Copyright © 2018 by authors 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

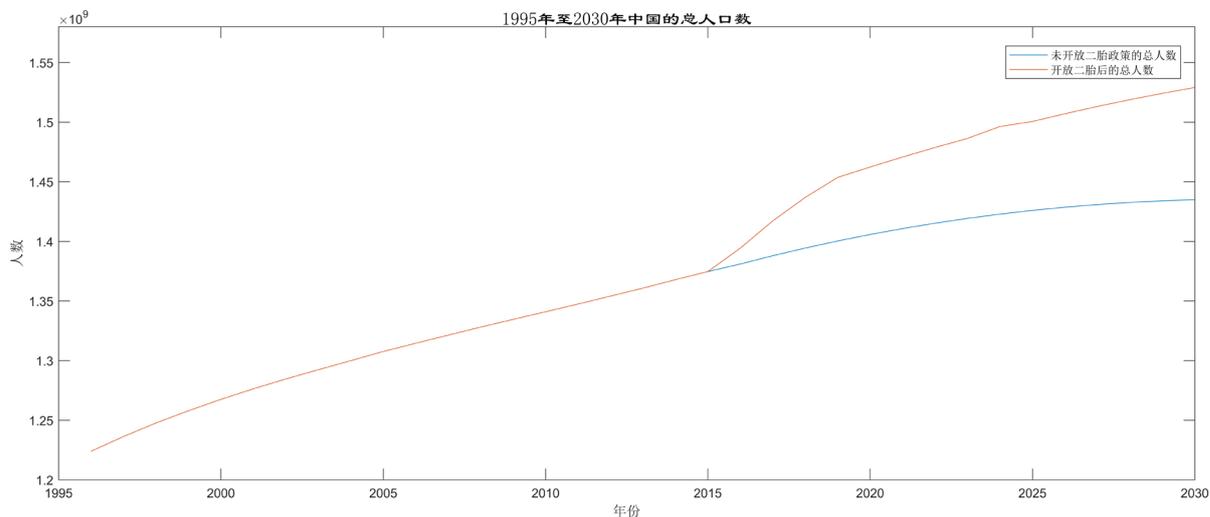
## 1. 引言

为应对我国目前老龄化严重、劳动力供需不平衡、家庭压力大等问题,我国出台全面二孩政策,本文是对全面二孩政策对中国人口的影响的分析。

对于量化全面二孩政策对中国人口的影响问题,鉴于本文庞大的数据背景,本文先用 Excel 软件和图表软件处理了来自中国统计局大量的数据信息,而后使用逐步推演法和基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法预测了 2015~2030 年的人口数学模型。根据该模型计算了每年的人口总数量和各个年龄段的人口总数量,并根据每年总人口数量的变化情况预测了全面开放二孩政策后的 15 年之内是否会出现生育高峰。而后又使用改进型 Leslie 矩阵计算出 2015~2065 年的总人口数,以及各个年龄段的人口数,并对所得的人口数据使用 MATLAB 软件拟合,得到总人口曲线图,由图 1 可分析出开放全面二孩政策对我国人口数量和不同年龄段的人口数量占比的影响。最后本文还预测出如果未实施全面二孩政策我国的总人口的变化情况,以便于更好的说明全面二孩政策对我国人口的影响。

对于政策实施前后对中国人口问题的影响,本文使用了改进型 Leslie 矩阵和基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法,逐步推演出相关数据,应用 MATLAB 和 SPSS 软件对二孩政策实施后的劳动力问题、老龄化问题和抚养比问题分别进行长期和短期的预测。更值得一提的是,为了更好的说明情况,本文不仅模拟了实施二孩政策人口数量各个指标的变化趋势,还模拟的了未实施全面二孩政策的情况下人口数量各个指标的变化情况。通过比较分析,更清晰的呈现出开放全面二孩政策在这些问题上的影响。

对于政策实施是否更符合社会发展以及如何为政府提出符合社会发展的合理化建议的问题,本文将使用人均职业医师数量,国民人均生产总值等指标分别评估了全面二孩政策对中国医疗卫生的影响和



注: 图 1 中未开放全面二孩政策的情况下, 以基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法统一预测每年增加 1700 万新生儿。

Figure 1. Trends in total population from 1996 to 2030

图 1. 1996 年至 2030 年总人口变化趋势

对中国人民生活的影响。对医疗卫生的影响: 建立了执业医师数量与距 1996 年第  $i$  年的函数关系模型, 预测了 2035 年的人均执业医师数量, 并与 2015 年比较有明显增高, 说明二孩政策开放后, 医疗卫生条件会稳步提高。对中国人民生活的影响: 建立了 GDP 与年份的函数关系模型, 预测了到 2050 年人均 GDP 的数值, 说明开放二孩政策后我国经济也会稳步增长。

最后, 以这些预测结果作为依据为政府提供开放全面二孩政策的配套措施。

## 2. 开放全面二孩政策后 2015~2030 年人口数学模型的建立

根据全国生育意愿调查数据, 可计算出符合“全国二孩”政策的目标人群占有已婚育龄妇女总数的 45.56%, 即 9636.08 万。其中, 有 48.1% 的人表示“要第 2 个孩子”, 13.6% 表示“说不好”。若假定“全面二孩”目标人群的生育意愿与此一致, 那么如果把“要第 2 个孩子”的人群作为最低估计(占比 48.1%), 而把“要第 2 个孩子”和“说不好”之和作为最高估计(占比 61.7%), 则潜在生育人群数量的最低估计为 4631.71 万, 最高估计为 5940.85 万[1]。

最后, 考虑全国“单独二孩”实施情况的影响。由于从 2013 年 11 月到 2015 年底实施了 2 年的“单独二孩”政策, 在此期间, “全国二孩”政策的潜在生育人群会释放一部分。根据国家卫生和计划生育委员会发布的《2015 年卫生和计划生育事业发展统计公报》, 截至 2015 年 12 月底, 全国共约 200 万对独生子女夫妇提出再生育申请。由此可以估计, 经过“单独二孩”政策 2 年的释放, 到 2015 年底, “全国二孩”的潜在生育人群数量最低估计约为 4431 万, 最高估计约为 5740 万, 本文认为在短期内, 潜在生育人群不会改变, 所以短期内, 以上数据都可以使用。

本文根据中国统计年鉴显示, 2011~2015 年每年出生的人口数依次为 1604 万、1635 万、1687 万、1655 万, 因此假设未来四年每年全国正常出生人口为 1700 万。本文假设在未来四年潜在生育人口全部释放, 按照 20%、35%、25%、20% 的比例逐步释放本文可以根据公式(1)、(2)、(3)、(4)、(5)计算出生人口增量的上下限: (文中公式符号含义见附录)

$$Z_{\max} = \theta \times S_{\max} \quad (\text{注: 出生人口增量的上限}) \quad (1)$$

$$Z_{\min} = \theta \times S_{\min} \quad (\text{注: 出生人口增量的下限}) \quad (2)$$

$$Q_{\max} = 1700 + Z_{\max} \quad (\text{注: 总出生人口的上限}) \quad (3)$$

$$Q_{\min} = 1700 + Z_{\min} \quad (\text{注: 总出生人口的下限}) \quad (4)$$

$$Q_{\text{mid}} = \frac{Q_{\max} + Q_{\min}}{2} \quad (\text{注: 平均出生人口}) \quad (5)$$

计算年度出生人口的公式(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11):

$$B^t = \sum_{x=15}^{49} (f_x \times W_x) = \sum_{x=15}^{49} (\beta \times h_x \times W_x) = \beta \times K \quad (6)$$

$$P'_{x+1} = P'_x \times (1 + D_x) \quad (7)$$

$$P^t = \sum_{x=0}^{120} P'_{x+1} \quad (8)$$

$$P_0^{t+1} = B^t + (1 - D_0) \quad (9)$$

$$P = P^t + P_0^{t+1} \quad (10)$$

$$P_A = P_{65+} / P \quad (11)$$

$$R_d = (P_{0-18} + P_{65+}) / P$$

计算结果如表 1 所示。

利用上述模型可计算 2016~2030 年我国人口总数, 加上中国统计局 1996 年至 2015 年总人口数, 汇总结果如表 2 [2]所示。

**Table 1.** Forecast of birth and new born population from 2017 to 2020

**表 1.** 2017 至 2020 年出生人口与新生人口的预测

出生人口增量下限/万	886.34	1551.10	1107.93	886.34
出生人口增量下限/万	1148.17	2009.30	1435.21	1148.17
出生人口增量均值/万	1017.26	1780.20	1271.57	1017.26
出生人口总量上限/万	2586.34	3251.10	2807.93	2586.34
出生人口总量下限/万	2848.17	3709.30	3135.21	2848.17
出生人口总量均值/万	2717.26	3480.20	2971.57	2717.26

**Table 2.** Total population from 1996 to 2030

**表 2.** 1996 至 2030 年总人口数

年份	2030 年	2029 年	2028 年	2027 年	2026 年	2025 年	2024 年	2023 年	2022 年	2021 年
人口总数/万人	152,900	152,410	151,880	151,310	150,700	150,050	149,360	148,630	147,870	147,070
年份	2020 年	2019 年	2018 年	2017 年	2016 年	2015 年	2014 年	2013 年	2012 年	2011 年
人口总数/万人	146,230	145,360	143,680	141,710	139,431	137,462	136,782	136,072	135,404	134,735
年份	2010 年	2009 年	2008 年	2007 年	2006 年	2005 年	2004 年	2003 年	2002 年	2001 年
人口总数/万人	134,091	133,450	132,802	132,129	131,448	130,756	129,988	129,227	128,453	127,627
年份	2000 年	1999 年	1998 年	1997 年	1996 年					
人口总数/万人	126,743	125,786	124,761	123,626	122,389					

根据中国国家统计局的相关数据收集到 2015 年我国分年龄段的总人口数以及死亡率，各数据如表 3 [3]所示。

本文假设在短期内各个年龄段的死亡率不变，将表 3 中数据代入公式(12)、(13)、(14)计算：

$$J_{i1} = J_{(i-1)l} \times 0.8 \times (1 - D_1) + 17000000 \tag{12}$$

$$J_{im} = (J_{(i-1)(m-1)} \times 0.2 + J_{(i-1)m} \times 0.8) \times (1 - D_m) \tag{13}$$

$$S_i = \sum_{i=1}^{20} J_{im} \tag{14}$$

可求出假设 2015 年后未开放全面二孩政策每年我国人口总数，计算结果如表 4 所示。

根据表 1~5 数据使用 SPSS 软件绘制出 1996-2030 年每年的人口总数趋势图，本文可以看出人口波动趋势，如图 1 所示。

由图 1 可以看出，如果一直实行全面二孩政策，我国会在近期爆发生育峰值，预计爆发生育峰值的时期在 2018~2020 年左右，在开放二孩政策以后总人口增加速度明显快于为全面开放二孩政策的速度，说明全面开放二孩政策会使总人口在短时间内增加，然后增长趋势逐渐减慢，2030 年我国总人口大约在 15 亿左右。

**Table 3.** Total segmental age population and mortality in 2015  
**表 3.** 2015 年分段年龄总人口数及死亡率

0 至 4	1.29	85,005,397.14
5 至 9	0.3	78,745,890.13
10 至 14	0.3	71,154,675.2
15 至 19	0.39	75,147,458.19
20 至 24	0.5	100,235,417.8
25 至 29	0.61	128,420,043
30 至 34	0.81	101,378,035.2
35 至 39	1.16	97,125,569.45
40 至 44	1.76	117,500,178.5
45 至 49	2.61	123,586,878.9
50 至 54	4.81	103,718,834.8
55 至 59	6.19	76,493,536.45
60 至 64	10.31	77,330,859.78
65 至 69	17.21	53,908,777.02
70 至 74	30.64	35,206,418.59
75 至 79	49.52	25,211,104.54
80 至 84	84.81	14,949,663.2
85 至 89	127.43	6,289,736.307
90 至 94	190.78	1,762,746.202
94 以上人口	217.1	348,121.7131
各年份年总人口/人		1,373,519,342

**Table 4.** Total number of people in each age group without full open two-child policy from 2015 to 2030  
**表 4.** 2015 至 2030 年未全面开放二孩政策各年龄段人数总和

年龄段	死亡率	2015 年末 剩余人数	2016 年末 剩余人数	2017 年末 剩余人数	2018 年末 剩余人数	2019 年末 剩余人数	2020 年末 剩余人数	2021 年末 剩余人数
0 至 4	1.29	85,005,397.14	84,916,592.14	84,845,639.79	84,788,951.13	84,743,658.71	84,707,471.51	84,678,559.1
5 至 9	0.3	78,745,890.13	79,973,792.19	80,938,063.48	81,695,062.87	82,289,146.37	82,755,214.82	83,120,722.46
10 至 14	0.3	71,154,675.2	72,651,116.31	74,093,416.79	75,439,707.43	76,667,771.28	7,768,708.68	78,742,380.11
15 至 19	0.39	75,147,458.19	74,319,905.52	73,957,293.08	73,955,663.86	74,223,514.11	74,683,227.72	75,270,956.79
20 至 24	0.5	100,235,417.8	95,170,217	90,954,654.63	87,511,404.73	84,757,856.43	82,609,662.47	80,983,863.33
25 至 29	0.61	128,420,043	122,708,220.2	117,129,127.2	111,825,977.2	106,897,815.2	102,407,316.9	98,387,732.86
30 至 34	0.81	101,378,035.2	106,699,939.7	109,812,575	111,185,752	111,223,633	110,269,079	108,608,682
35 至 39	1.16	97,125,569.45	97,862,410.36	99,514,345.52	101,456,165.7	103,282,136.6	104,748,786.2	105,730,055.5
40 至 44	1.76	117,500,178.5	113,225,628.2	109,959,115.4	107,680,309.9	106,248,154.6	105,468,998.3	105,139,584
45 至 49	2.61	123,586,878.9	122,050,154.3	119,971,304.6	117,660,968	115,362,951.2	113,243,652.5	111,397,214.1
50 至 54	4.81	103,718,834.8	107,174,443	109,619,765.8	111,152,844.3	111,913,563	112,061,818.1	111,758,030.7
55 至 59	6.19	76,493,536.45	81,431,396.22	86,044,075.34	90,197,413.89	93,804,235.15	96,823,033.16	99,252,589.96
60 至 64	10.31	77,330,859.78	76,367,840.51	76,582,758.17	77,665,944.13	79,345,662.31	81,389,509.52	83,605,264.48
65 至 69	17.21	53,908,777.02	57,584,804.71	60,285,726.17	62,451,520.84	64,367,246.78	66,203,613.86	68,049,158.95
70 至 74	30.64	35,206,418.59	37,753,557.56	40,441,512.1	43,049,621.64	45,492,066.24	47,757,558.33	49,870,440.42
75 至 79	49.52	25,211,104.54	25,862,719.86	26,842,398.66	28,098,300.14	29,549,058.73	31,116,491.3	32,739,002.93
80 至 84	84.81	14,949,663.2	15,560,015.96	16,126,157.32	16,719,977.3	17,384,621.48	18,136,786	18,974,384.48
85 至 89	127.43	6,289,736.307	6,999,513.69	7,601,493.154	8,120,508.124	8,586,439.538	9,027,675.471	9,466,946.101
90 至 94	190.78	1,762,746.202	2,159,115.668	2,530,588.95	2,868,498.61	3,171,252.67	3,442,656.5	3,689,768.36
94 以上人口	217.1	348121.7131	494,046.3917	647,505.4674	801,785.2435	951,323.6469	1,092,387.771	1,223,235.478
各年份年总人口/人		1,373,519,342	1,380,965,430	1,387,897,517	1,394,326,377	1,400,262,107	1,405,713,648	1,410,688,573

年龄段	死亡率	2022 年末 剩余人数	2023 年末 剩余人数	2024 年末 剩余人数	2025 年末 剩余人数	2026 年末 剩余人数	2027 年末 剩余人数	2028 年末 剩余人数
0 至 4	1.29	84,655,459.01	84,637,002.77	84,622,256.83	84,610,475.3	84,601,062.23	84,593,541.48	84,587,532.65
5 至 9	0.3	83,407,260.1	83,631,802.81	83,807,692.95	83,945,414.55	84,053,203.17	84,137,526.15	84,203,460.6
10 至 14	0.3	79,594,163.16	80,332,675.52	80,968,203.23	81,511,640.34	81,973,795.66	82,364,960.26	82,694,657.6
15 至 19	0.39	75,935,615.01	76,637,424.38	77,346,297.78	78,040,231.31	78,703,806.65	79,326,854.91	79,903,301.54
20 至 24	0.5	79,801,361.38	78,988,698	78,479,184.05	78,213,480.5	78,139,741.24	78,213,428.05	78,396,895.36
25 至 29	0.61	94,849,065.71	91,783,502.73	89,170,114.81	86,978,839.19	85,173,779.73	83,715,874.18	82,564,989.57
30 至 34	0.81	106,478,175.3	104,067,989.9	101,528,787.5	98,976,816.76	96,498,993.7	94,157,621.4	91,994,695.85
35 至 39	1.16	106,182,466.2	106,118,367.7	105,585,670.6	104,652,755.8	103,397,487.6	101,899,448.2	100,234,675.6

## Continued

40 至 44	1.76	105,072,424.8	105,109,114.9	105,125,618.1	105,032,445.6	104,771,784.2	104,313,010.3	103,647,556.5
45 至 49	2.61	109,858,207.8	108,616,819.5	107,633,619.7	106,852,404.8	106,210,478.2	105,646,281	105,104,586.1
50 至 54	4.81	111,148,658	110,357,184	109,479,967	108,585,875	107,718,551	106,900,261	106,136,481
55 至 59	6.19	101,123,822.8	102,490,422.7	103,419,620.3	103,984,019.7	104,255,032.7	104,298,109.9	104,169,713.3
60 至 64	10.31	85,840,494.52	87,980,630.46	89,945,589.42	91,685,273.13	93,174,387.26	94,407,040.12	95,391,522.1
65 至 69	17.21	69,935,709.91	71,858,329	73,790,614.49	75,696,067.57	77,536,144.52	79,275,569.19	80,885,448.3
70 至 74	30.64	51,866,754.64	53,780,621.78	55,637,544.78	57,452,182.34	59,228,825.99	60,963,331.22	62,645,644.95
75 至 79	49.52	34,374,385.24	35,997,395.14	37,595,324.38	39,163,357.85	40,700,620.75	42,207,263.71	43,682,613.42
80 至 84	84.81	19,884,615.16	20,850,379.49	21,854,538.25	22,882,216.88	23,921,643.54	24,964,039.38	26,003,004.5
85 至 89	127.43	9,919,754.26	10,394,687.71	10,894,757.25	11,419,073.56	11,964,420.01	12,526,496.87	13,100,770.67
90 至 94	190.78	3,920,835.909	4,143,707.776	4,364,854.803	4,588,953.335	4,818,886.795	5,056,001.249	5,300,472.225
94 以上人口	217.1	1,343,880.775	1,455,623.894	1,560,508.121	1,660,826.411	1,758,747.111	1,856,079.785	1,954,168.567
各年份年总人口/人		1,415,193,110	1,419,232,381	1,422,810,765	1,425,932,351	1,428,601,392	1,430,822,738	1,432,602,191

年龄段	死亡率	2029 年末剩余人数	2030 年末剩余人数
0 至 4	1.29	84,582,731.79	84,578,896.05
5 至 9	0.3	84,254,990.92	84,295,242.94
10 至 14	0.3	82,971,519.27	83,203,245.14
15 至 19	0.39	80,430,192.73	80,906,892.04
20 至 24	0.5	78,658,827.51	78,973,594.01
25 至 29	0.61	81,681,514.59	81,027,520.22
30 至 34	0.81	90,035,766.5	88,293,340.54
35 至 39	1.16	98,472,319.07	96,672,737.95
40 至 44	1.76	102,783,762	101,742,091.6
45 至 49	2.61	104,539,617.8	103,916,514.8
50 至 54	4.81	105,420,578.3	104,738,160.7
55 至 59	6.19	103,915,821.5	103,571,671
60 至 64	10.31	96,145,573.13	96,692,339.69
65 至 69	17.21	82,344,694.59	83,640,215.48
70 至 74	30.64	64,262,369.54	65,799,027.06
75 至 79	49.52	45,124,246.85	46,527,774.72
80 至 84	84.81	27,033,729.9	28,052,251.3
85 至 89	127.43	13,682,959.9	14,269,236.6
90 至 94	190.78	5,551,679.635	5,808,529.117

**Table 5.** Implementation of comprehensive two-child policy 2020, 2025, 2030 population in all age groups  
**表 5.** 实施全面二孩政策 2020, 2025, 2030 各个年龄段人口数

年龄段/岁	2020 年		2025 年		2030 年	
	人数/万	比例/%	人数/万	比例/%	人数/万	比例/%
0~4	13,765.64	9.414	9660.62	6.438	9660.62	6.318
5~9	8195.40	5.605	13,728.95	9.150	9632.22	6.300
10~14	7520.65	5.143	8183.45	5.454	13,708.98	8.966
15~19	7066.46	4.832	7508.55	5.004	8170.32	5.343
20~24	7462.54	5.103	7051.19	4.699	7492.26	4.900
25~29	9939.84	6.798	7442.09	4.960	7031.93	4.599
30~34	12,663.87	8.660	9906.14	6.602	7416.91	4.851
35~39	10,020.03	6.852	12,604.89	8.401	9859.42	6.448
40~44	9601.92	6.566	9951.32	6.632	12,519.25	8.188
45~49	11,597.88	7.931	9501.36	6.332	9847.21	6.440
50~54	12,146.92	8.307	11,408.42	7.603	9347.00	6.113
55~59	10,146.32	6.939	11,854.88	7.901	11,130.52	7.279
60~64	7384.40	5.050	9769.01	6.511	11,405.11	7.459
65~69	7338.35	5.018	6915.43	4.609	9173.44	6.000
70~74	4929.23	3.371	6568.52	4.378	6169.42	4.035
75~79	3040.78	2.079	4082.54	2.721	5436.40	3.555
80~84	1963.15	1.343	2194.18	1.462	2955.39	1.933
85~89	1013.50	0.693	1149.45	0.766	1287.01	0.842
90~94	334.18	0.235	440.50	0.294	496.65	0.325
95+	88.43	0.061	125.1	0.083	161.73	0.106

注: 引用全面二孩政策对中国人口结构及区域人口空间格局的影响 王开泳 1,2, 丁俊 1,2,3, 王甫园 1,2,3 (1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)。

## 2) 开放全面二孩政策后 2015~2065 年人口数学模型的建立

将人口按年龄大小等间隔地划分成  $m$  个年龄组(譬如每 1 岁一组), 模型要讨论在不同时间人口的年龄分布, 对时间也加以离散化, 其单位与年龄组的间隔相同。时间离散化为  $t=0,1,2,\dots$ 。设在时间段  $t$  第  $i$  年龄组的人口总数为  $n_i(t), t=0,1,2,\dots,m$ , 定义向量  $n(t)=[n_1(t), n_2(t), n_3(t), \dots, n_m(t)]^T$ , 模型要研究的是女性的人口分布  $n(t)$  随  $t$  的变化规律, 从而进一步研究总人口数等指标的变化规律。

设第  $i$  年龄组的生育率为  $b_i$ , 即  $b_i$  是单位时间第  $i$  年龄组的每个女性平均生育女儿的人数; 第  $i$  年龄组的死亡率为  $d_i$ , 即  $d_i$  是单位时间第  $i$  年龄组女性死亡人数与总人数之比,  $s_i=1-d_i$  称为存活率。设  $b_i$ 、 $s_i$  不随时间  $t$  变化, 根据  $b_i$ 、 $s_i$  和  $n_i(t)$  的定义写出  $n_i(t)$  与  $n_i(t+1)$  应满足关系:

$$\begin{cases} n_i(t+1) = \sum_{i=1}^m b_i n_i(t) \\ n_{i+1}(t+1) = s_i n_i(t), i=1,2,\dots,m-1 \end{cases} \quad (15)$$

在(15)式中本文假设  $b_i$  中已经扣除婴儿死亡率, 即扣除了在时段  $t$  以后出生而活不到  $t+1$  的那些婴儿。若记矩阵

$$L = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & \cdots & b_{m-1} & b_m \\ s_1 & 0 & & & 0 \\ 0 & s_2 & & & \vdots \\ & & \ddots & & \\ 0 & 0 & s_{m-1} & & 0 \end{bmatrix} \quad (16)$$

则(15)式可写作

$$n(t+1) = Ln(t) \quad (17)$$

当  $L$ 、 $n(0)$  已知时, 对任意的  $t=1,2,\dots$  有

$$n(t) = L^t n(0) \quad (18)$$

若(16)中的元素满足

- 1)  $s_i > 0, i=1,2,\dots,m-1$
- 2)  $b_i \geq 0, i=1,2,\dots,m$ , 且至少一个  $b_i > 0$ 。

则矩阵  $L$  称为 Leslie 矩阵[4]。

只要本文求出 Leslie 矩阵  $L$  并根据人口分布的初始向量  $n(0)$ , 本文就可以求出  $t$  时段的人口分布向量  $n(t)$ 。

改进型的 leslie 矩阵是使生育率为:

- 3)  $b'_i = \alpha b_i (i=0,1,2,\dots,90)$ 。

从 2016 年至 2020 年, 从 25 岁~45 岁符合条件的的育龄妇女均可以生育二孩, 所以前五年我认为生育率会乘一个调整生育率系数  $\alpha$ ,  $\alpha > 1$ , 此时  $\alpha$  应该处于一个比较高的值, 但是, 当五年以后, 现有的积累的大量育龄妇女, 生育完二孩以后, 从 2020 年左右, 生育率会下降, 由于继续全面开放二孩政策, 所以生育率不会下降到未开放全面二孩政策生育水平, 此时调整  $\alpha$  值调节降低生育率。因此, 本模型在 leslie 矩阵的基础上, 人为的加入  $\alpha$  系数控制生育率, 来控制人口的增长速度。类比 2003~2015 年总和我国妇女, 生育率和分年龄段生育率数据来看, 本文可以认为在长时间内, 政策不变的情况下, 生育率稳定, 本文在计算时认为不变。

通过 MATLAB 模拟总人口数的曲线[5], 如图 2 所示:

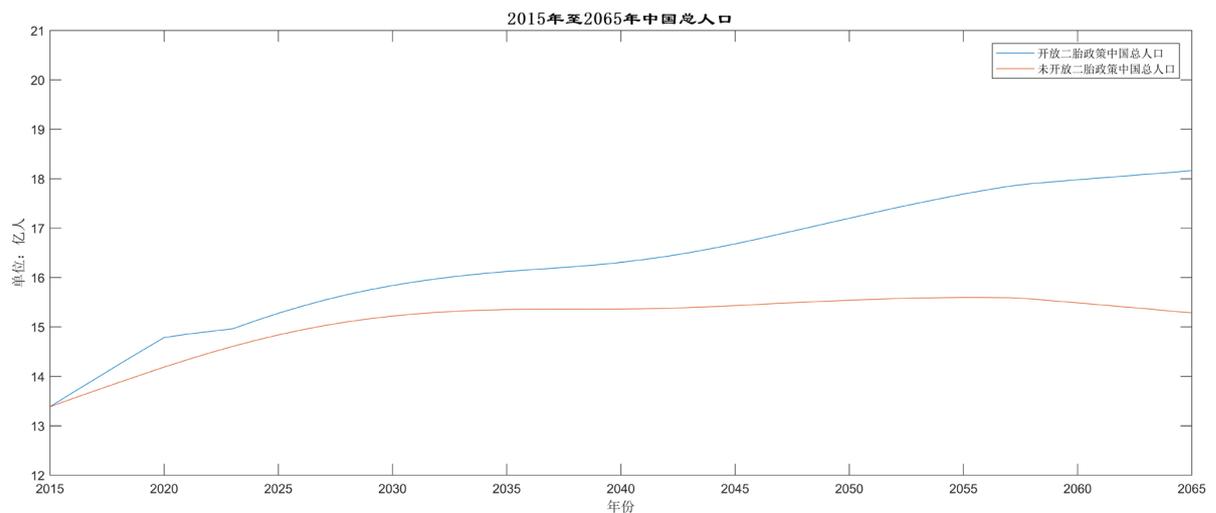


Figure 2. Trends in total population from 2015 to 2065  
图 2. 2015 年至 2065 年总人口变化趋势

图 2 表明, 在 2015 年至 2030 年总人口模拟数据与基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法推算出的数据基本保持一致, 所以认为此模型, 模拟效果良好, 具有良好的可信度。在 2016 年至 2020 年总人口由于全面开放二孩政策, 人口在 2016~2020 年出现“井喷式”增长, 在 2020 年后增速减慢, 但依然存在上升的趋势。在 2040 年左右由于 2016 年出生的女性新生儿, 逐步成长为育龄妇女, 育龄妇女人口基数增大, 在保持生育率不变的情况下, 人口又会出现比 2020~2040 年增长速度快的现象, 但是增速低于 2016~2020 年, 此时不会发生“井喷式”增长, 因为全面开放二孩政策已经多年, 育龄妇女已经不存在历史积累, 生育人口不会像刚刚开放全面二孩政策的时候积压并在短期内释放, 所以增速会缓和很多。在与未全面开放二孩政策的情况比较过程中, 全面开放二孩政策人口增速明显处于优势, 而且一直在持续增长, 总人口较为全面开放二孩政策有明显的增加。未全面开放二孩政策下, 2025 年以后人口几乎不会再出现上涨的趋势, 处于一个平稳的状态, 在 2055 年会出现下降的趋势, 势必会引发劳动力匮乏等一系列社会问题, 这也直接说明了开放二孩政策势在必行。

### 3. 全面二孩政策对我国目前存在的社会问题的影响

我国开放全面二孩政策的初衷是为了适应我国国情发展, 解决当前社会存在的社会问题, 那么急于解决的一系列社会问题是否能被解决或者被缓解, 这是全面二孩政策出台的主要意义所在, 下面本文计算说明开放全面二孩政策对我国目前存在的社会问题的影响。

#### 3.1. 对我国劳动力供需问题的影响

针对我国劳动力供需问题, 在上文中已经分别计算出每年各个年龄段人口总数, 只需计算 18-65 岁人口总和即可, 在此不做赘述。下面本文从劳动力总人口和劳动力所占百分比两方面比较说明全面二孩政策对我国劳动力问题的影响。

本文根据计算数据分别绘制出 2020 年、2025 年、2030 年, 幼年人口、青年人口以及老年人口的总人口, 如图 3 所示。

根据图 3, 本文可分析出如下结论, 无论是否开放全面二孩政策, 青年人数(本文定义青年为从 18 岁~65 岁)即劳动人口数, 都在缓慢下降, 所以截至 2030 年全面开放二孩政策和未全面开放二孩政策中青年人数并没有发生大的波动, 因为 16 年在增长的新生儿还未成长至 18 岁, 所以并没有影响青年人数,

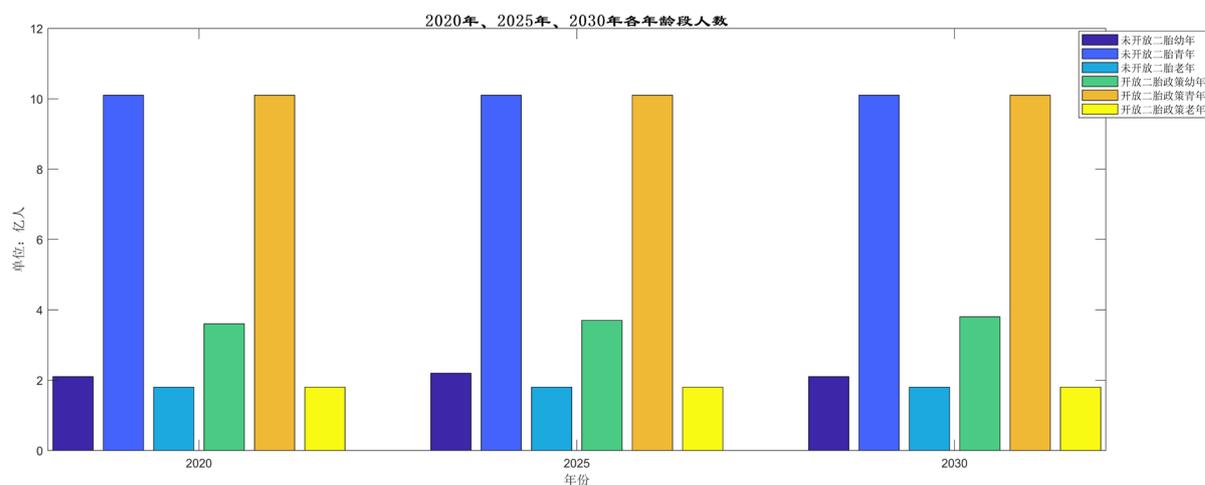


Figure 3. 2020, 2025, 2030 young youth aged population

图 3. 2020, 2025, 2030 幼年青年老年人口数

同理,老年人口也不会出现大的波动,但是呈现逐年升高的趋势。在开放全面二孩政策时幼年人数(本文定义幼年人数为0~18岁人口数)不断增长且明显高于未开放全面二孩政策的幼年总人口,且未开放全面二孩政策下,幼年总人口呈现缓慢下降的趋势。所以,开放全面二孩政策后的短期内我国幼年人口数较未开放全面二孩政策人口数逐年增长,青年人数和老年人数几乎不变,但随着全面二孩政策实施之后的新生儿成长为青年,我国的青年人口会逐步增长,由此劳动人口会逐步增多。

本文根据计算数据分别绘制出2020年、2025年、2030年,幼年人口、青年人口以及老年人口的人口比例,如图4所示。

根据图4,本文可分析出如下结论,由于开放全面二孩政策导致幼年人口增加,而幼年人口的增加导致总人口数增加,截至到2030年,青年人数还不会增长,所以开放全面二孩政策下青年人口占总人口比要小于未全面开放二孩政策下的青年人口占总人口之比。同时,两者比例都在下降,说明劳动力人口占比越来越小,此时社会会出现劳动力的缺乏、抚养压力变大等问题。在老年人口短期不受影响的情况下,开放全面二孩政策老年人口数占总人口之比,要小于未开放全面二孩政策老年人口数占总人口之比,但是二者均处于增长的趋势。

由于上述模型数据来源于逐步推演法与基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法,只能看出短期数据,本文无法看出长期下全面二孩政策对中国劳动问题的影响,下面本文用MATLAB软件结合改进的leslie矩阵模型拟合长期曲线来说明问题。

通过MATLAB模拟青年劳动力人口(18~65岁)的曲线[6],如图5所示。

图5显示,通过对未开放全面二孩政策与全面开放二孩政策下的总人口相比较,在2033年以前,未开放全面二孩政策的劳动力总人口与全面开放二孩政策下劳动力总人口保持一致且保持持续下降的趋势。因为2016年出生的新生儿没有成为劳动力,在2034年以后,出现分叉,由于2016年新生儿成长为劳动人口,缓解了劳动力人口的下降趋势。相比较下,未开放全面二孩政策时,劳动力人口持续走低,出现劳动力匮乏状况。全面开放二孩政策下在2033年到2060年,劳动力人口稳定在10.5亿左右,增速缓慢。在2060年出现上升增幅变大,原因是上文已经提到过在2040年左右育龄妇女基数增大,在生育率几乎不变的情况下,新生儿会增多,在2060年左右这波新生儿会成长为劳动人口,所以劳动人口增速会增大。通过MATLAB模拟青年劳动力人口(18~65岁)占总人口的比重曲线,如图6所示。

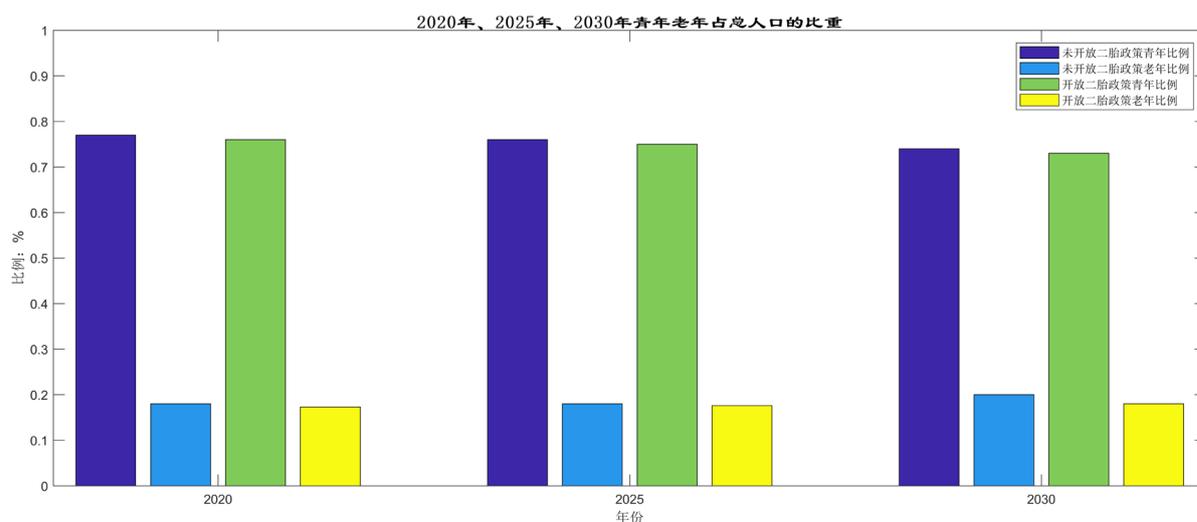
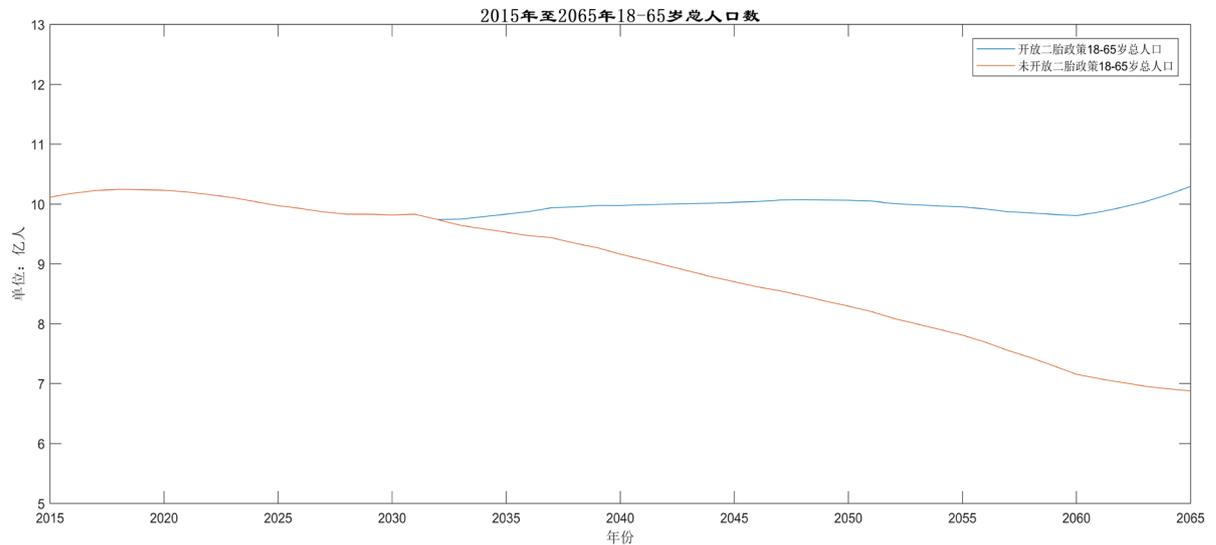


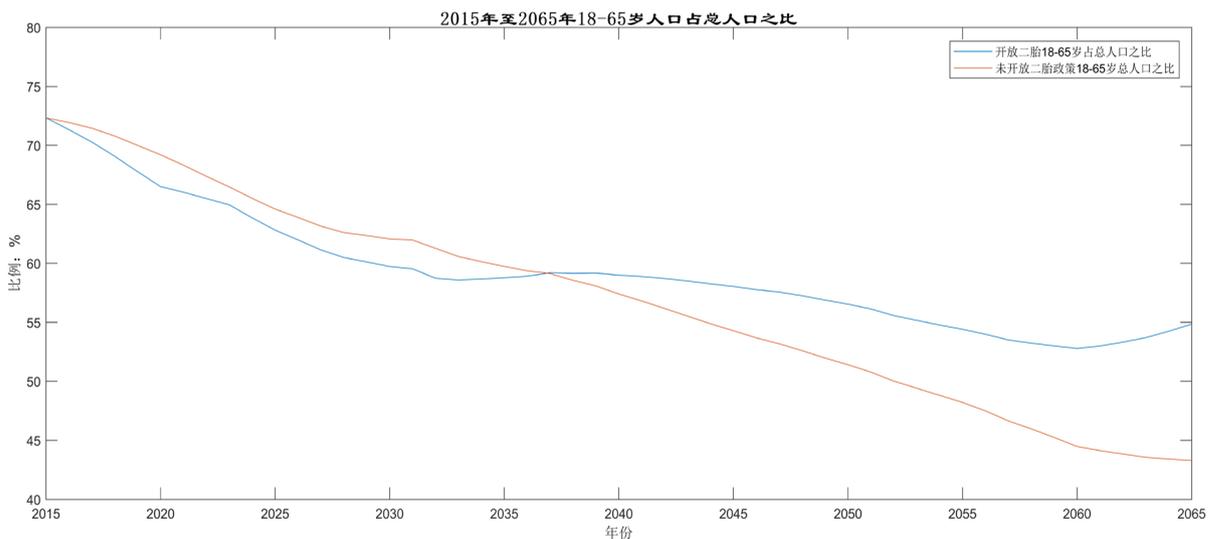
Figure 4. Proportion of young people in the total population

图4. 青年老年占总人口比例



**Figure 5.** Total population aged 18~65 from 2015 to 2065

**图 5.** 2015 年至 2065 年 18-65 岁总人口



**Figure 6.** Ratio of population aged 18~65 in total population from 2015 to 2065

**图 6.** 2015 年至 2065 年 18-65 岁人口数占总人口之比

通过对全面开放二孩政策与未开放全面二孩政策劳动力占比的比较,在 2015 年-2030 年中,全面开放二孩政策的劳动人口占总人口之比,持续下降,而且比重要小于未开放全面二孩政策下的比重,这是由于在 2030 前新生儿并没有成长为劳动人口,劳动人口数量变化与未开放全面二孩政策保持一致,全面开放二孩政策下总人数却在上升。所以,劳动人口比重要小于未开放全面二孩政策的劳动总人口数。在 2033 年以后全面开放二孩政策下劳动人口数占比趋于稳定,稳定在 63% 左右,小幅回升以后占比会出现下降,因为开始人口爆发新生儿急剧增加已经趋于缓和,所以成长为劳动人口的人数也会下降,占比会出现下降,但是速度明显比未开放全面二孩政策要慢很多,且占比大于未开放全面二孩政策,在 2060 年占比又会出现上升,原因是 2045 年以前出生的新生儿成长为劳动人口,所以开放全面二孩政策下的劳动人口数增加,劳动人口比重增加,有利于社会发展,缓解劳动力供需紧张可以促进生产力的发展。

由此本文可以得出结论：短期内全面二孩政策无法扭转我国劳动力缺乏现象，但会逐步缓解，从长远规划来看，实行全面二孩政策可以解决我国劳动力供需问题，缓解劳动人口的下降，更有利于劳动人口的供需平衡，更有利于社会的发展。也可以看出实行全面二孩的必要性。

### 3.2. 对人口老龄化的影响

对于我国老龄化的预测问题，本文的基础数据，即老年人口、青年人口都已在前面的计算中得出，在此不做赘述。下面本文从老年人口总人数和老年人口所占百分比两方面比较说明全面二孩政策对我国劳动力问题的影响。

由于，之前劳动力问题的分析中本文已经说明了短期内老年人口和老年人口比例的问题，在此本文不做赘述，直接进入长期的曲线拟合。

通过 MATLAB 模拟老年人数的曲线，如图 7 所示。

分析图 7 得结论，在 2015 年至 2065 年 50 年间，开放全面二孩政策 65 岁以上老人总数与未开放全面二孩政策保持一致，原因是在 16 年出生新生儿并没有给 65 岁以上人口造成影响，所以二者在 65 岁以上总人口数，增速保持一致，导致两条预测曲线完全重合。老年人口总数在 2045 年增速减缓，是因为 79 年开始实施计划生育，所以在 2045 年，79 年以后出生的新生儿成为老年人导致老年人数开始趋于缓和。在 2060 年左右，老年人死亡人数增多，新增老年人口数减少，老年人口总数会出现缓慢下降的趋势。

但是老龄化程度，不能仅仅看老年人口数，还要看在总人口的占比重大。所以本文通过 MATLAB 模拟老年人口数占总人口数的比重曲线说明问题，曲线如图 8 所示。

通过图 8，分析比较得出，在 2040 年左右的占比增速下降，依然是上文提到的由于在 79 年开始计划生育的政策影响导致的。在开放全面二孩政策的情况下，老年人口数的占比增速会减慢，而且在 2040 年左右会比未开放全面二孩政策下提前出现下降，人口老龄化程度，虽然得到缓解，但是，未开放全面二孩政策下 20% 和全面开放二孩政策下 16% 的老年人口占比依然很严重，这种人口老龄化在接下来 50 年内只能得到缓解，却无法得到根治。

通过以上比较，本文可以得出结论：全面二孩政策短期内无法缓解我国的老龄化程度，只能降低老龄化得增长速度，虽然到了 2040 年我国老龄化程度出现下降趋势，但仍然无法“根治”老龄化问题。

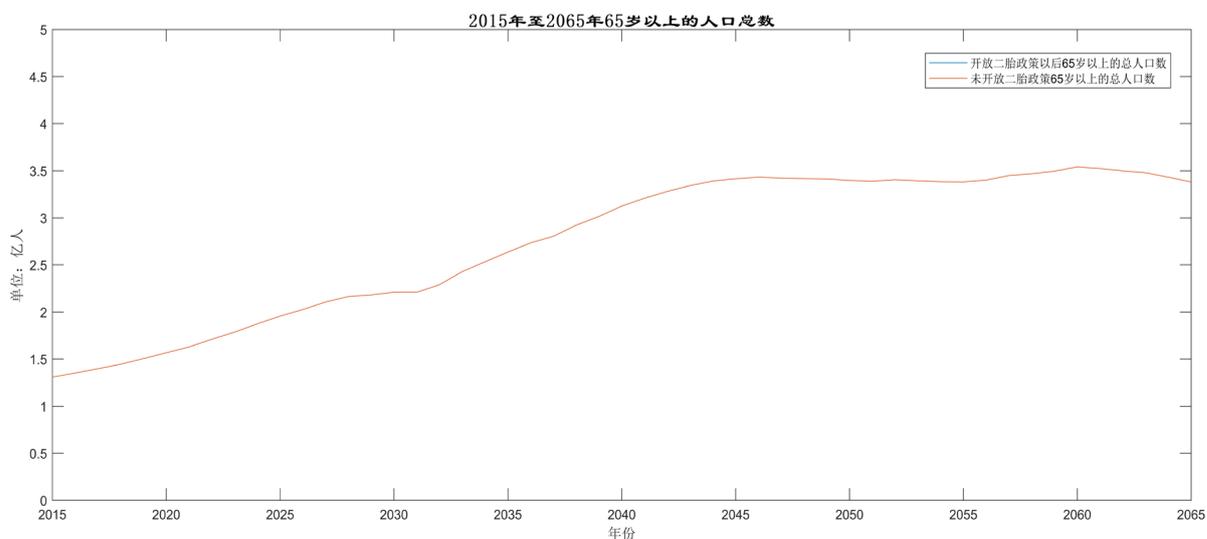


Figure 7. Total population aged 65 and over from 2015 to 2065

图 7. 2015 年至 2065 年 65 岁以上总人口数

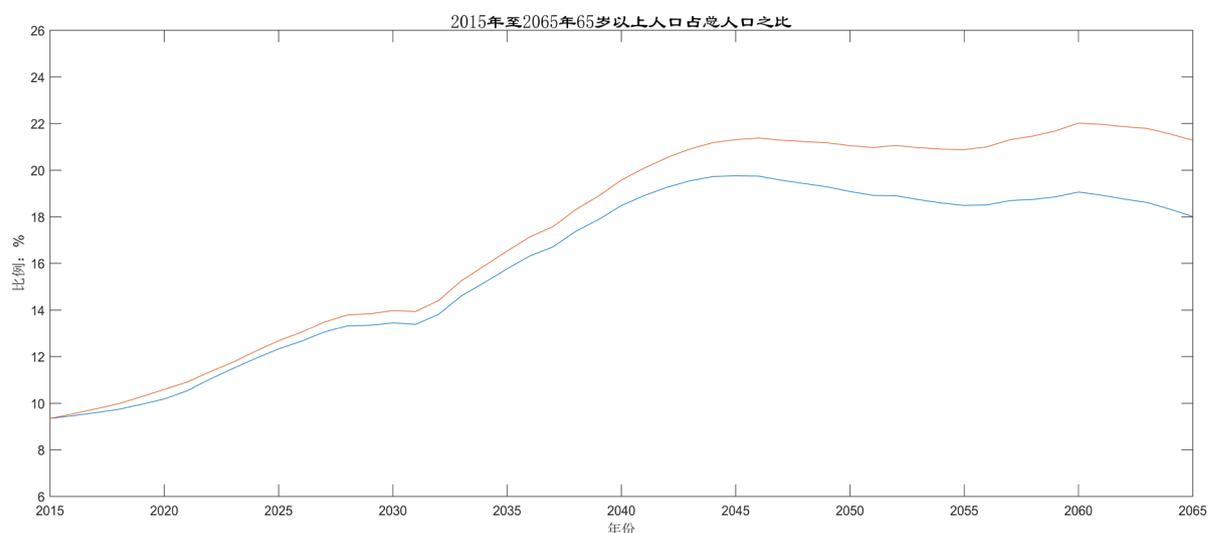


Figure 8. Ratio of population aged over 65 to total population from 2015 to 2065

图 8. 2015 年至 2065 年 65 岁以上人口数占总人口之比

### 3.3. 对抚养比的影响

对于我国抚养比的预测问题，本文的基础数据，即幼年人口、老年人口、青年人口都已在前面的计算中得出，在此不做赘述。本文从短期和长期两方面比较说明全面二孩政策对我国抚养比问题的影响。

本文将原始数据带入公式(19)算抚养比：

$$F = \frac{L_i + Y_i}{R_i} \quad (19)$$

计算结果如表 6 所示。

将上述计算结果绘制成柱状图，分析比较两种政策下的抚养比，柱状图如图 9 所示。

由于幼年人数增加，青年人数、老年人数几乎不变，所以，全面开放二孩政策的情况下，抚养比要高于未开放全面二孩政策下的抚养比，且增速要比未全面开放二孩政策下的增速快。

接着，本文通过 MATLAB 模拟抚养比的曲线，如图 10 所示。

由图 10 分析得出，全面二孩政策与未开放全面二孩政策的抚养比相比较，在 2033 以前，全面开放二孩政策下，青年的劳动人口几乎不会发生变化，幼年的非劳动人口却在增加，老年的非劳动人口几乎不变，所以抚养比在持续增长，且比例速度都要快于未全面开放二孩政策。在 2033 年以后，抚养比增速下降，慢于未全面开放二孩政策，因为青年的劳动人口得到了补充，理由上文同理，不再赘述，但比例仍高于未开放全面二孩政策，在 2060 年两者均发生下降，本文分析认为是因为老年人口由于基数增大死亡人数增多，所以抚养比出现了下降。

综上所述，本文可以得到如下观点：由于全面开放二孩政策，近 15 年以内幼年人口数，得到了增加，但是青年劳动力人口数相比未开放全面二孩政策情况下没有太大的波动，整体依然呈现下降的趋势。由于老年人口占总人口的比重在缓慢增大，老龄化也在短时间内无法得到缓解，在持续加深。同样，抚养比也因为短时间内青年人数下降、老年人口数呈现上升趋势以及幼年人口数在不断增长的情况下持续增大，且增长速度较未开放全面二孩政策下的更快，比例更高。因为全面开放二孩政策幼年人数比未开放全面二孩政策下高很多，但青年人数和老年人数却几乎不变，所以抚养比自然会高。因而抚养压力，也在短时间内无法得到缓解，而且持续加重。

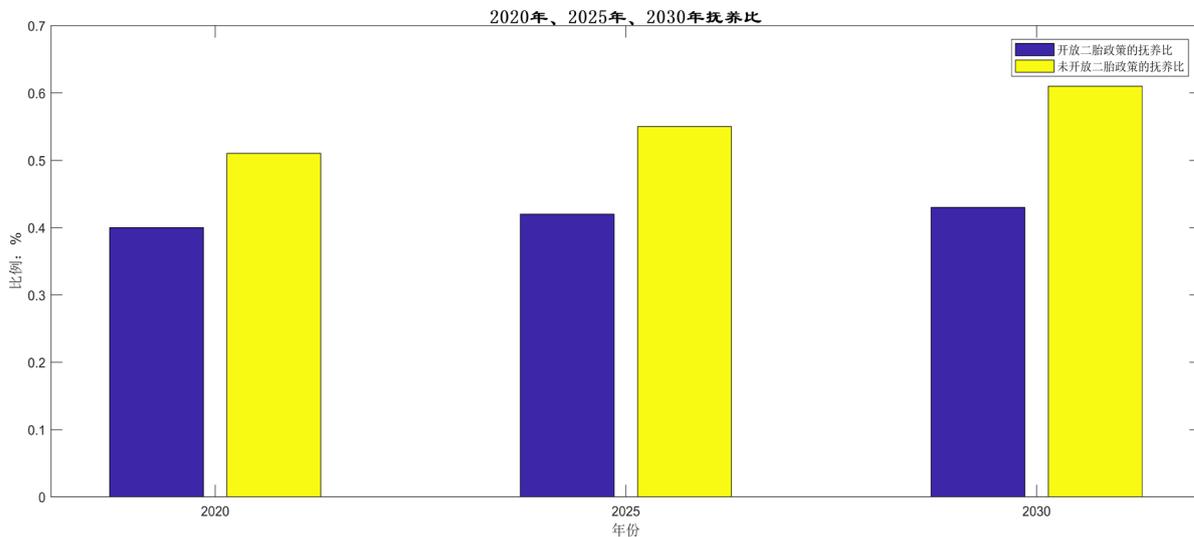


Figure 9. Dependency ratio  
图 9. 抚养比

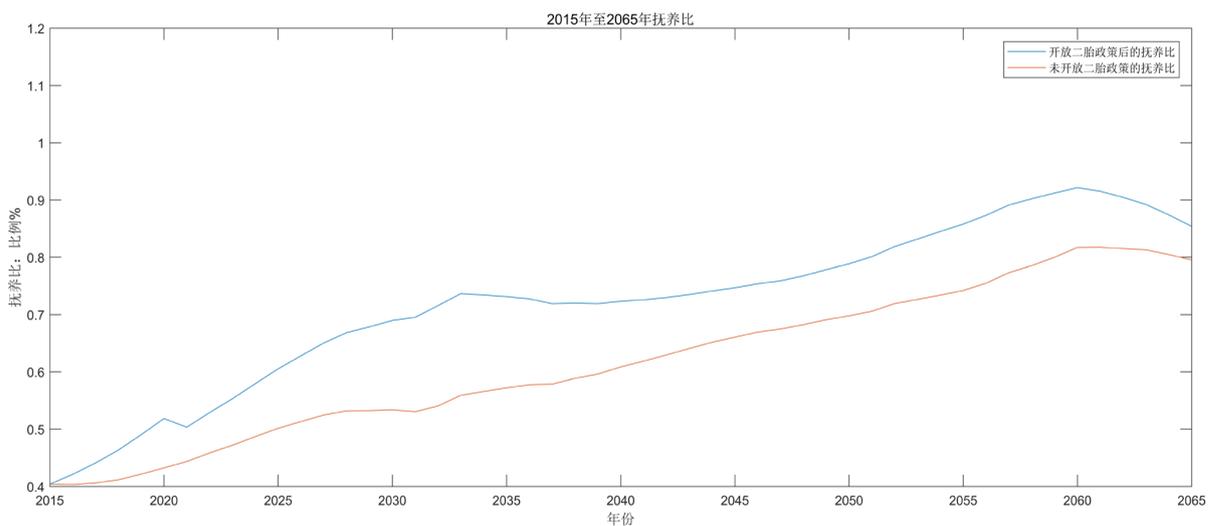


Figure 10. Dependency ratios from 2015 to 2065  
图 10. 2015 年至 2065 年抚养比

Table 6. Dependency ratio  
表 6. 抚养比

政策 \ 年份	2020 年	2025 年	2030 年
全面开放二孩政策	0.517239467	0.560396786	0.62171495
未全面开放二孩政策	0.408580112	0.421993792	0.451260324

由于开放二孩政策，短时间之内，本文无法看到开放二孩政策对社会的积极影响，没有看到老龄化的缓解，或者扭转，没有看到劳动力人口的增加，又因为此模型更适合短期预测。所以，为了更好的了解在一段比较长的时间里，对社会的影响，本文对上述各个指标使用改进的 leslie 矩阵模型进行了长期预

测。从长远来看，开放全面二孩政策可以缓解劳动人口的下降趋势，解决劳动供应不足的社会问题，同时缓解社会老龄化，但是，由抚养比来看青年的抚养压力仍然很大。由于开放二胎政策，劳动人口增多，一家二孩，“421”家庭会减少，但是抚养比的增大，仍然会带来巨大的抚养压力。

#### 4. 开放二胎对我国经济与医疗的影响

模型准备，在中国统计局上，查询到 1996 年至 2015 年 GDP 总量的变化与执业医师总量的变化，如下图 11、图 12 所示。因为，人均 GDP 是衡量一个国家发达水平的重要指标，人均执业医师数量是衡量国家卫生医疗的重要指标。

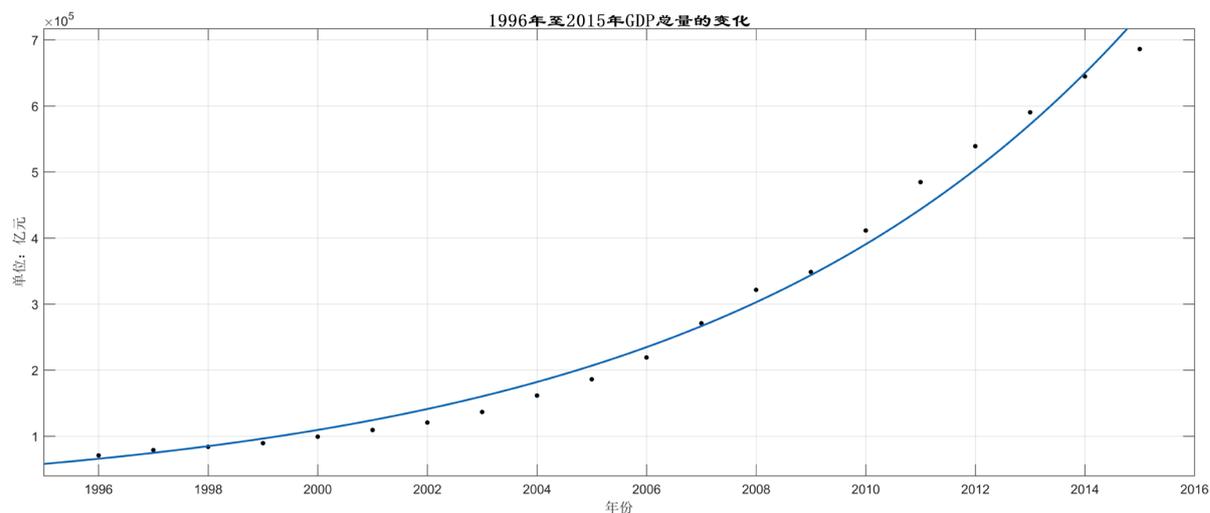


Figure 11. Graph of changes in total GDP from 1996 to 2015

图 11. 1996 年至 2015 年 GDP 总量变化拟合图

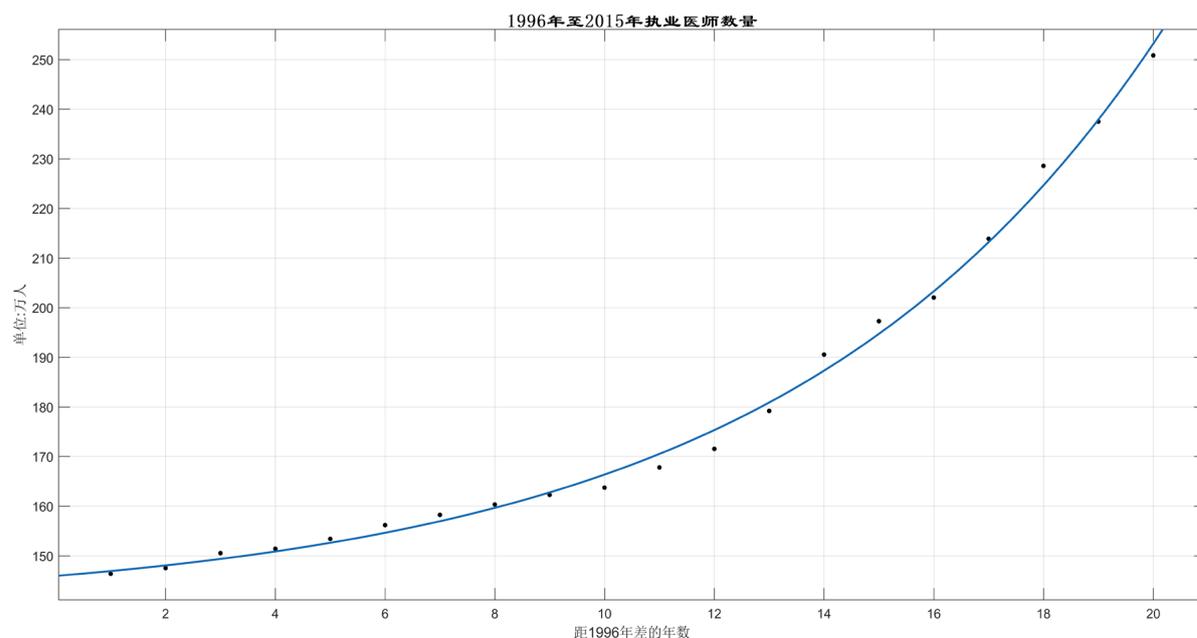


Figure 12. Total number of licensed physicians from 1996 to 2015

图 12. 1996 至 2015 年执业医师总数拟合图

所以,用 MATLAB 拟合两个数量的曲线,并且到方程,预测 2050 年 GDP 总量和执业医师数量,再结合上文的人口总数,计算出人均执业医师数与人均 GDP,通过人均执业医师数量与 2015 年人均执业医师数量进行比较,预测我国医疗卫生情况得发展情况是否因为全面二孩而受到影响。通过预测 2050 年人均 GDP,看是否能达到“两个一百年”中到“建国 100 周年时达到中等发达国家水平”的目标。

因为执业医师是个具体职业,其数量不会无限制的增加,拟合函数是增长函数,所以太长时间得出的数据便不再准确,由上述公式计算可预测出我国 20 年内不会饱和,计算得出 2035 年的执业医师 1612.33429 万人,人均执业医师数量为 0.01 个,即 100 人会有一人执业医师。

上述数据拟合状况良好,有比较好的拟合度,可以作为比较参数,通过比较我们可以看出,2035 年的人均执业医师数量为 0.01 个,相对于 2015 年的人均执业医师数量 0.001816 个呈提升状态,所以,此时卫生医疗条件并没有因为人口的增长而出现失衡,反而稳步增长。所以,在全面开放二孩政策的情况下,只需保持现有医疗条件的增长速度,即可保证医疗和卫生条件发展平衡且得到改善。

根据公式算出 2050 年的 GDP 总量,根据改进型 leslie 矩阵模型得出 2050 年的总人口数,计算人均 GDP,经计算在 2050 年人均 GDP 为 69,693.523006 元人民币约合 10,097.5080 美元,由预测数据可以得知,在 2050 年,我国可以达到中等发达国家水平,符合我国二个 100 年的奋斗目标,所以全面开放二孩并没有有利于我国实现“两个 100 年”的发展目标。

## 5. 开放二胎对我国经济与医疗的影响

优点:

1) 使用了横向比较和纵向比较,横向比较用基于人口本身变动要素和人口学原理的队列要素法与改进型 leslie 矩阵模型,进行数值估计得比较,可以验证模型的准确性。全面开放二孩与未全面开放二孩比较,直观的反映开放二孩政策带来的总人口,劳动人口,老年人比重的变化,辩证对比,更易得出结论。

2) 模型简单易懂,可靠性良好,是两个模型预测出的 2015 至 2030 年的数据大致相同,可信度很高。

3) 模型在图像处理和显示上本文采用 SPSS 软件和 MATLAB 软件双重作图,拟合数据的变化趋势良好,使问题更加清晰,条理直观。

4) 数据的筛选大量使用中国统计局权威网站的数据,保证了数据真实有效,提升预测结论的。

缺点:

本文的模型具有一定得局限性。由于无法预测战争,政策重大改变,以及重大自然灾害对人口的影响。

## 6. 结论

1) 根据图 8 可以得出,在短时间内,全面开放二孩政策不会使 65 岁以上人口在总人口的比重中减小,只是相对减缓增长趋势,而且老龄化程度仍旧不断加深,所以,全面开放二孩,应作为一项长期坚持的国策才能使老龄化得到缓解,甚至出现扭转的局面。

2) 要坚持医疗卫生条件的发展,使医疗卫生水平不断得到改善。要坚持发展经济,保持经济的快速增长,才能在 2050 年实现我国在建国 100 周年,达到中等发达国家水平,实现中华民族伟大复兴实现“中国梦”。

3) 在短时间内新生儿数量,会出现“井喷式”爆发,全面开放二孩政策实施以后要注重基础教育和学前教育的发展,教育资源要跟幼年人口数量相匹配,大力发展我国教育事业,尤其是义务教育的力度,使我国的教育水平和力度能够满足社会需要。

4) 要大力增加就业岗位,鼓励民众自主创新创业,使新增劳动人口可以顺利就业。

---

由于我国短期内仍将处于老龄化严重的社会问题之中，建议政府大力发展我国社会养老水平，改善社保机制，注重老年人的晚年文化生活，使老年人老有所依，老有所养，老有所乐，提升人民生活幸福感。

### 参考文献

- [1] 王开泳, 丁俊, 王甫园. 全面二孩政策对中国人口结构及区域人口空间格局的影响[J]. 地理科学进展, 2016, 35(11): 1305-1316.
- [2] 中国国家统计局网站[Z/OL]. <http://www.stats.gov.cn>
- [3] Guo, Z.G., Liu, J.T. and Song, J. Present Population Policy and the Family Structure [J]. 中国人口科学, 2002(1): 1-11.
- [4] 百度文库. leslie 人口增长模型[Z/OL]. <https://wenku.baidu.com/view/0fe82e53c5da50e2534d7f0e.html>
- [5] 王文波. 数学建模及其基础知识详解[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006.
- [6] 张威. MATLAB 基础与编程入门[M]. 第二版. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.

## 附录

$X(t)$ : 1996 年后的第  $t$  年总人口数

$X_m$ : 最大人口数

$X_0$ : 1996 年的人口数

$r$ : 人口增长率

$B^t$ :  $t$  年出生人口数

$f_x$ : 分年龄段生育率

$W_x$ : 分年龄育龄妇女数

$h_x$ : 分年龄育龄妇女标准化生育率

$K$ : 标准化生育人口数

$S_{\max}$ : 短期内潜在生育人群上限

$S_{\max}$ : 短期内潜在生育人群上限

$Z_{\max}$ : 出生人口增量上限

$Z_{\min}$ : 出生人口增量下限

$Q_{\max}$ : 出生人口总量上限

$Q_{\min}$ : 出生人口总量下限

$Q_{\text{mid}}$ : 出生总量均值

$\beta$ : 总和生育率

$\theta$ : 逐年释放率

$J_{im}$ : 假设 2015 后的  $i$  年仍坚持计划生育, 则第  $m$  段, 年龄的人口数

$D_m$ : 第  $m$  段, 年龄的死亡率

$S_i$ : 2015 年后第  $i$  年的全国总人口数

$m$ : 将中国的人口分为  $m$  个年龄段, 从 0 开始每 1 岁一组,  $m=1,2,3,\dots$

$n_i(t), i=1,2,\dots,m$ : 在时间段  $t$  第  $i$  年龄组的人口总数

$b_i (i=0,1,2,\dots,90)$ : 第  $i$  年龄组的生育率

$d_i (i=0,1,2,\dots,90)$ : 第  $i$  年龄组的死亡率

$s_i (i=0,1,2,\dots,90)$ : 第  $i$  年龄组的存活率

$L$ : Leslie 矩阵

$\lambda(x)$ : 距 1996 年的第  $x$  年职业医师总数

$\theta(x)$ : 第  $x$  年 GDP 总量

$\alpha$ : 调整系数

$b'_i$ : 调整后的第  $i$  年龄组的生育率

$F$ : 抚养比

$L_i$ : 老年人数

$Y_i$ : 幼年人数

$R_i$ : 劳动力总人数

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2324-7991，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

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

期刊邮箱：[aam@hanspub.org](mailto:aam@hanspub.org)