

参赛队员姓名：刘奕池

中学：北京市十一学校

省份：北京市

国家/地区：中国

指导教师姓名：朱浩楠

指导老师学校：北京市十一学校

论文题目：三孩政策对我国未来人口的影响  
分析及应对措施研究

# 三孩政策对我国未来人口的影响分析及应对措施研究

刘奕池<sup>1</sup>，指导老师朱浩楠<sup>2</sup>

(1. 北京十一学校，北京，100039)

(2. 北京十一学校，北京，100039)

## 摘要

2020 年我国开始第七次人口普查，2021 年 5 月我国开始实施三孩人口政策，这是自 1980 年执行独生子女计划生育政策以来的第四次生育政策变革，距 2016 年全面实施二孩政策不足五年，政策更新的迅速，说明我国人口结构出现了失衡现象，急需优化。本文首先对我国计划生育政策实施的效果进行分析，着重分析二孩政策未达到理想提升效果的原因，并以 2010 年第六次全国人口普查数据做基础，建立人口预测模型，对实施三孩政策后，未来三十年我国人口总量和人口结构发展趋势进行了预测。在预测过程中，通过分析生育率的影响因素，确定了总生育率、城镇化率等模型，确定出生性别比等相关数据的取值，并首次将生育政策体现在总生育率中。预测结果显示三孩生育政策并不能有效的延缓我国老龄化的进程，2050 年预测数据显示，我国老龄人口占比接近 30%，老年抚养比超过 50%。2020 年生育率达到最低，与实际人口发展形势相同，人口发展趋势和预测人口数据与实际数据匹配较好，相对误差小于 1%。本文分析了影响生育率的因素，并有针对性地围绕女性就业压力、身材管理意识等影响生育意愿及抚养方式、养育成本、教育投入、养老方式等生育意愿的实现因素进行深入分析，并提出具体提升生育率的建议，同时对如何影响老龄人口对社会经济的发展方面列出相应举措，为后续人口的发展提供一定的参考。

**关键词：**三孩生育政策、微分方程、人口结构、生育率、老龄化、抚养比、提振措施

## 目 录

摘要 .....	1
1 我国人口概况.....	3
2 我国人口计生政策演变.....	3
2.1 独生子女计划生育政策的提出与实施.....	4
2.2 两孩计划生育政策的提出与实施.....	4
2.3 三孩计划生育政策的提出与实施.....	5
2.3.1 三孩放开的原因分析.....	5
2.3.1.1 生育意愿的降低.....	5
2.3.1.2 生育意愿的实现.....	5
2.3.1.3 人口结构不合理.....	6
2.3.1.4 出生人口性别比失衡.....	6
2.3.1.5 城镇化率.....	7
2.3.2 三孩放开政策的提出.....	7
3 三孩政策下我国未来人口预测及结果分析.....	7
3.1 模型选取、建立和参数的确定.....	7
3.1.1 模型假设.....	7
3.1.2 符号说明.....	8
3.1.3 模型建立.....	9
3.1.4 参数的设定.....	10
3.1.4.1 初始值的选取.....	10
3.1.4.2 总和生育率的确定.....	10
3.1.4.3 年龄组生育率占比的取值.....	11
3.1.4.4 出生性别比的确定.....	12
3.1.4.5 死亡率的取值.....	13
3.1.4.6 城镇化率的确定.....	13
3.1.4.7 迁移率的确定.....	13
3.2 模型求解.....	14
3.2.1 总人口预测.....	14
3.2.2 人口结构分布.....	14
3.2.3 人口抚养比.....	15
4 对应措施及建议.....	16
4.1 关注适龄女性，提振整体生育的意愿.....	16
4.2 健全保障体系，保证生育意愿的实现.....	16
4.3 完善养老设施，提高老年人服务社会意识.....	17
参考文献: .....	18
致谢 .....	19

人口是一个国家发展的根本，是影响经济可持续发展的关键变量，人口的增长需要消耗国家的自然资源，为此，一个国家的人口应该保持何种规模，人口需要以什么程度增长才能更好地保证人口与经济、社会、资源、环境可持续发展，保证国家整体健康和高质量发展，是每个国家所面临的重要问题。本文以 2010 年第六次全国人口普查的数据和中国统计年鉴（2011-2020 年）的相关数据为基础，通过年龄移动预测模型对 2030 年、2050 年人口总量及结构进行预测，重点分析人口总量、分城镇、农村等性别、年龄段人口、总抚养比等数据，分析了三孩计划生育政策是否可刺激适龄生育，延缓我国老龄化的进程，并对如何从教育系统、社会福利、托育服务、公共系统、女性就业等方面提出提振生育率的措施，结合我国 2050 年我国城镇化率要达到 80% 的目标，分析城市间、城乡间的人口流动所带来的超大城市产业功能转移等问题，根据分析结果提出相关建议。

## 1 我国人口概况

我国自 1979 年开始研究人口发展战略，每十年进行一次全国性的人口普查，主要调查人口和住户的基本情况，包括姓名、身份证号、性别、年龄、民族、受教育程度、从事的行业、职业、户口与居住地是否一致、婚姻生育、死亡、住房等相关信息，2020 年全国进行第七次人口普查，报告结果显示我国人口总量表现为增速放缓、老龄化上升、出生率下降。我国现有人口 141177 万人，家庭户 49416 万户，平均每个家庭户的人口为 2.62 人，比 2010 年的 3.10 人减少 0.48 人。自 2010 年第六次人口普查以来，每年新生儿数量逐年增多，2016 年全面放开二孩政策，新生儿数量达到 10 年来的值大值 1786 万，2017 年开始人口出生率逐年下降，2020 年出生婴儿仅为 1200 万，人们生育意愿明显下降。

第七次全国人口普查 0—14 岁人口为 25338 万人，占比 17.95%；15—59 岁人口为 89437 万人，占比 63.35%；65 岁及以上人口为 19063 万人，占比 13.50%。与 2010 年第六次全国人口普查相比，0—14 岁人口比重上升 1.35%，65 岁及以上人口比重上升 4.63%，与 2016 年相比，65 岁及以上人口增加 4060 万人，增加 27%。2020 年我国总抚养比 45.89%，其中老年抚养比达到 19.70%，意味着每 5 个劳动力人口要承担 1 个老龄人口的抚养义务，社会已步入老龄化。根据世界卫生组织关于老龄化的社会细分标准，2020 年我国 65 岁及以上人口占比达到 13.5%，接近“老龄社会”14% 的标准，由此可见，我国近年将很快进入老龄社会。

针对我国人口总量增速过缓和社会老年人等人口结构占比过高等问题，我国重点针对不同阶段人口发展所面临的主要问题和人口发展目标，已逐步调整人口生育政策。70 年代为了保证 2000 年人口控制在 12 亿之内的目标，国家开始实行城市与农村有区别的计划生育，1982 年正式实施一对夫妇只生一个孩子的计划生育政策，实行了 32 年后，2013 年实施“坚持计划生育的基本国策，启动实施一方是独生子女的夫妇可生育两个孩子的政策”，标志着“单独二孩”政策正式实施。2016 年全国实施两孩政策，至今已有 5 年，2020 年人口普查有关出生率等相关数据表明该政策的效果并不明显，2021 年 5 月实施一对夫妻可以生育三个子女政策及配套支持措施，与计划生育初期相比，我国的计划生育政策已发生了根本性变化，由控制人口增长转向了激励人口增长。

## 2 我国人口计生政策演变

我国人口政策历经四次演变，1979—1991 年我国处于较高生育率时期，采取人口零增长战略和人口负增长战略来抑制人口过快增长<sup>[1]</sup>；1992—2009 年我国处于低生育水平前期，计划生育政策维持不变，继续稳定适度低生育水平；2010 年人口普查结果显示我国处于低生育状态，2011 年调整生育政策，分布实施双独和单独二孩政策，生育提振效果不佳，2016 年全面实施二孩政策，2021 年迎来三孩政策。



图 1 我国人口政策实施历程

## 2.1 独生子女计划生育政策的提出与实施

任何政策的制定都有一定的历史背景，1949 年开始，我国人口年均增长率超过 2%，至 1980 年人口由 5.4 亿增长至 9.8 亿，增长率达到 82%，粮食供应、居民就业、全民教育、医疗水平及环境容量等无法满足人口的增长。为此，我国出台计划生育政策，并于 1982 年正式写入宪法，“提倡一对夫妇生育一个子女”，争取本世纪末把我国人口控制在十二亿以内。

我国独生子女政策对社会的发展起到了重要作用，通过推行计划生育，避免人口快速增长，人均社会资源和自然资源的占有率得到提升，总体健康水平得到大幅改善，人口的增长同经济和社会发展相互适应。1980 年人均口粮 0.85kg/d，肉类人均 0.03kg/d；如果不实行计划生育，按照人口平均增长率 2% 进行计算，2010 年我国人口将达到 18.9 亿，比 2010 年实际人口超出 5.5 亿，全国仍处于吃不饱状态。

随着人口增长速度减缓，劳动力人口占比逐步上升，2010 年人口普查数据显示劳动力人口占比达到 74.5%，社会年轻化为我国带来了宝贵的人口红利期，人力优势成为了中国的竞争优势。

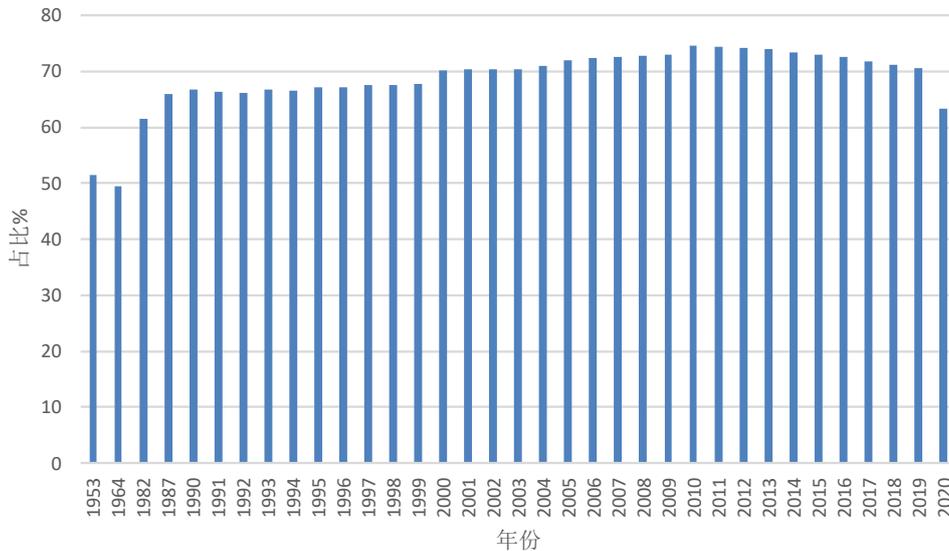


图 2 1953-2020 年劳动力占比

随着独生子女政策出台所配套的社会养老体系的不断完善，人们的育儿观念发生了变化，不再养儿防老，而是优生优育或不生，降低了人口自然增长率，社会开始步入人口老龄化的进程。

## 2.2 二孩计划生育政策的提出与实施

2011 年 11 月，国家首次提出了实施双独二孩政策，即双方均为独生子女的夫妇可生育两个孩子的政策，二年后又提出了单独二孩政策，4 年后即 2015 年提出全面放开二孩生育政策。2015 年新生人口没有明显增速，2016 年和 2017 年集中释放了多年积累的生育潜力，2016 年新生儿达到史上最高 1786 万人，2017 年略有回落，2018 年新生人口增势减弱，当年出生人口下降为 1523 万人，远低于政策调整测算的预期，全面二孩政策并未有力地刺激我国人口的总量增长。2012 年劳动力人口出现了第一次的降低，意味着中国人口红利消失的拐点已出现，老龄化现象凸显，2020 年 60 岁以上人口占比已达到 18.7%<sup>[2]</sup>。

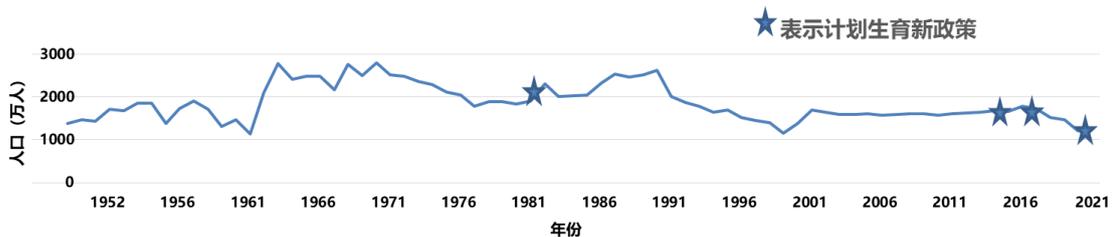


图 3 1949-2020 年每年新生人口

## 2.3 三孩计划生育政策的提出与实施

二孩生育政策并未对当下育龄妇女的生育意愿造成本质影响,若放任目前的自然增长率,新生儿占比逐年下降,老年占比逐年上升,届时死亡率将超过出生率,未来我国总人口呈现快速削减的失控状态。

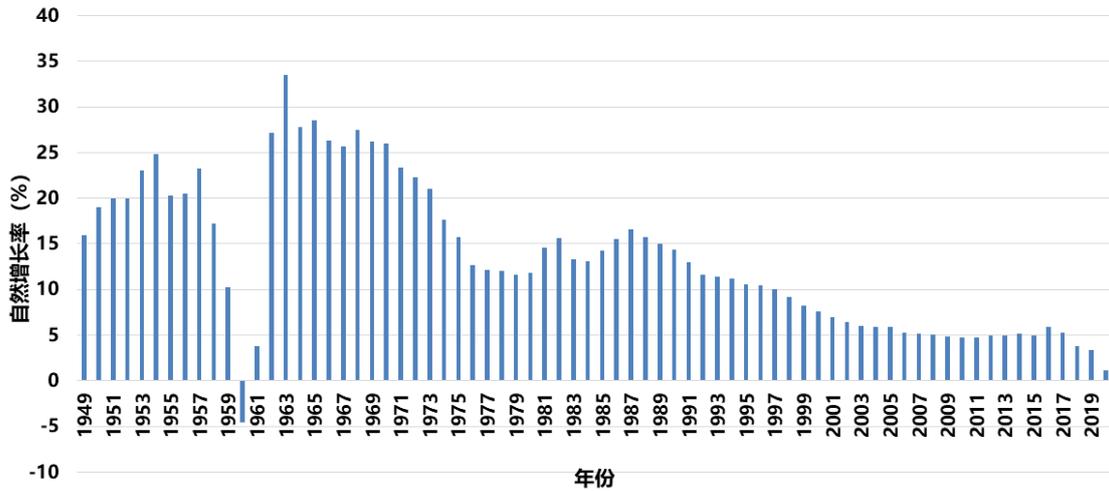


图4 1949-2020年人口自然增长率

### 2.3.1 三孩放开的原因分析

三孩政策的放开主要源于生育行为未达到理想值,影响生育行为的主要因素是生育意愿。目前我国产前检查等已纳入医保,生育成本对生育决策影响较小,总体来说,人口自然增长率降低主要缘于适龄妇女的生育意愿大幅降低,生育意愿受到外界压力的影响,实现率低。生得起,养不起,女性就业权益保障不够,女性自身能力和自我要求的提升、房价、教育等低成本均抑制了生育行为,加上目前的“421”家庭结构,过重的养老负担也在挤压生育意愿;城镇化率的提升也在影响人们的生育观念,形成优生少生甚至不生的观念,降低生育意愿。第七次人口普查结果表明,人口结构处于不健康状态,出生性别比仍处于失衡状态,需要调整人口生育政策全面进行优化。

#### 2.3.1.1 生育意愿的降低

二孩的生育政策并没有产生有力的影响,女性职场就业压力、女性对身材管理意识的提高、初婚年龄推迟、将来的养老方式等都是影响女性的生育意愿的重要因素。

女性从孕期至产假至少有10个月时间无法全身心地投入工作,部分公司考虑这些因素,在招聘时会性别有所区别对待,导致女性就业压力较大。

女性越来越注重个人身材,对于生育可能会导致身材变形,不易恢复等,造成心理负担,且家务及带孩子等传统分工导致部分女性担负过重,生育意愿有所降低。

全国初婚年龄均在延迟,尤其大城市,2020年上海初婚结婚年龄男性为30.11岁、女性为28.14岁;南京初婚结婚年龄男性为28.2岁、女性为26.9岁,远高于婚姻法的法定结婚年龄。初婚年龄的推迟反应出现代年轻人的婚恋观发生了改变,对婚姻,对生育的积极性不高。

#### 2.3.1.2 生育意愿的实现

生育意愿能否全部实现也是二孩生育政策未产生预期效果的主要原因。家庭的经济压力,包括房价、养育成本、教育投入及孩子的抚养方式(有无老人或保姆帮扶)都是影响女性的生育意愿实现的重要因素,即使有生育的想法,考虑到现实生活的压力,也会放弃生育。

目前我国产假推行4个月,父母还未退休,上班后孩子雇佣保姆带,由于保育市场良莠不齐,支付成本高还存在一定的看护风险。

2019年全国幼儿园28.12万所，其中公办园达10.8万，占比仅38.4%。以北京为例，公立幼儿园需与房产挂钩，大部分儿童只能上私立幼儿园，教育成本和时间成本较高。

小学入学需要拼户口和房产，高房价需要六个钱包支撑，且课外教育负担过重，父母时间和精力无法满足需要。

总体来说，少生优育、子女看护、教育成本、经济负担、就业压力等已制约女性的生育意愿的实现。

### 2.3.1.3 人口结构不合理

我国人口结构以421为主，少儿抚养比由1982年的54.6%逐年下降，2011年降至最低22.1%，2012年开始小幅上扬，2020年上幅程度加大；老年抚养率由1982年开始逐年上升，2018年增长速度明显加快，2020年上升至19.7%。《国家人口发展规划2016-2030》预测2030年0—14岁少儿人口占比降至17%左右；2050年老年抚养率占比将达到25%左右。劳动人口减少，创造的经济价值减少，社会活力不足，老年人退休金、医疗费用大幅上升，加大了财政的支出，相应需要劳动人口上缴更多的税费，形成过重的负担，直接影响生育愿意。

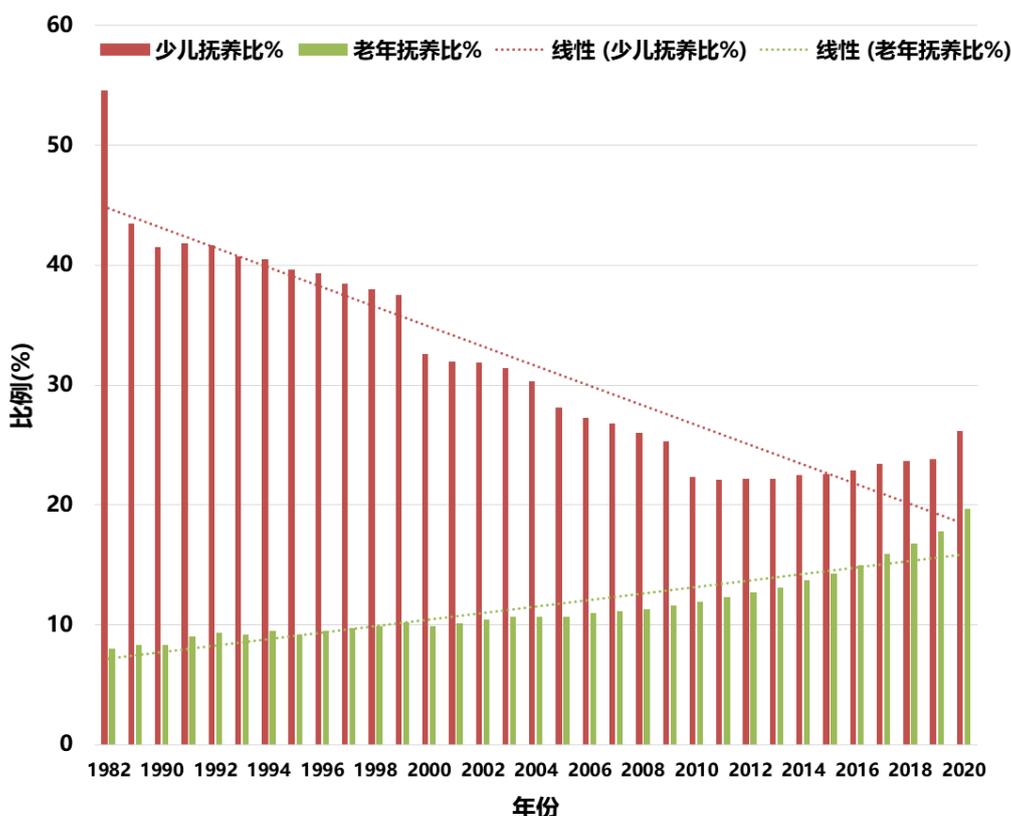


图5 1982-2020年儿童与老年抚养比

### 2.3.1.4 出生人口性别比失衡

2010年全国出生人口性别比平均为117，农村达到120，2007年0-4岁性别比达到顶峰123.59，2016年实行二孩政策后，性别比稳步下降至115以下，2019年出生人口性别比为110.14。由于重男轻女的传统观念导致在独生子女计划生育初期阶段选择性地生产行为，导致男孩数量远远超过女孩数量。随着生育政策宽松化及人们关于生男生女的观念的转变，性别比已呈倒V形<sup>[3]</sup>，但目前仍处于失衡状态，形成婚姻挤压，影响人口再生产。

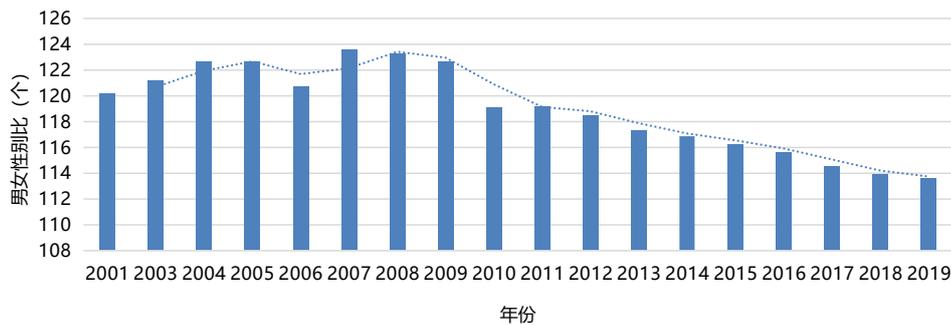


图6 0-4岁男女性别比

### 2.3.1.5 城镇化率提升

城市集中了更多更好的经济发展机会和公共服务资源，吸引着人口的转移，随着城镇化水平的持续提高，农村人口流动愈加活跃，城市群人口集聚度加大，人口向沿江、沿海等发达地区聚集，生活成本及工作压力均提高，且城市生活状况和优生少生观念影响迁移人口，降低了其生育的愿望，但优生方式提高了人口素质。

### 2.3.2 三孩政策的提出

2021年6月我国出台《关于优化生育政策促进人口长期均衡发展的决定》中提出三孩政策，并取消社会抚养费等制约措施，并对人口计生法进行修改，明确一对夫妻可以生育三个子女，并相应地出台保障孕产妇和儿童健康，提高优生优育服务水平、建设方便可及托育服务机构，发展普惠托育服务体系、加强税收、住房等支持政策降低生育、养育、教育成本等十条具体保障措施。为了预知三孩计划生育政策能否提振生育率，优化人口结构，本文通过建立人口预测模型对未来三十年的人口总量、人口结构及抚养比等进行预测。

## 3 三孩政策下我国未来人口预测及结果分析

人口预测模型整体分为连续模型和离散模型，Logistic模型主要用人口自然增长率与上一年人口数量相乘来预测未来人口数量，只考虑了自身生育、死亡、性别比等指标，未考虑国家生育政策、医疗水平、生育观念等因素的影响，预测精度不足。本文采用年龄移算预测模型，建立由上一年 $a$ 岁人口预测下一年 $a+1$ 岁人口的差分方程，利用程序迭代求出30年后的人口结构，在每一年的迭代中，0岁人口将在第二年按照存活率转成1岁人口，其他年龄组依此类推，99及100岁以上的下一年全部转成100岁以上的人口<sup>[4]</sup>。

### 3.1 模型选取、建立和参数的确定

年龄移算预测模型是以今年各个年龄组的实际人口数作为基数，按照这个年龄组今年的存活率计算下一年生存的人口，然后逐年递推来预测人口，即把由某一年度的某一年龄组的人口数在其相应年龄组的死亡率水平条件下，通过转移到下一个年度的下一个年龄组，而将下一个年度或者下一个年龄组的人口数测算出来。模型中考虑了生育政策、城镇化、失业率、GDP、死亡率、性别比等对人口的影响。

#### 3.1.1 模型假设

- (1) 本文不考虑疫情等偶然事件对女性生育意愿的影响，未考虑战争、自然灾害等导致人口发生骤减的随机事件发生。
- (2) 每一位中国居民的生育率、死亡率等指标，由当前年龄和当前居住地决定，城乡常住人口的迁移对于迁入城市的乡村女性生育率有影响。
- (3) 育龄妇女年龄从19-49岁，鉴于15-18岁未满足结婚年龄，且生育概率较小，对人口影响较小，不予考虑。
- (4) 年龄组生育率占比：不随时间变化，直接以2010年数据为固定值。
- (5) 城乡死亡率分年龄分性别，分为农村和城镇，死亡率每年降低至前一年的99.5%。
- (6) 各年龄组迁移人口中男女占比固定不变，以2010年的数据为依据。
- (7) 人口出生性别比假定为105。

### 3.1.2 符号说明

符号	说明
$t$	从 2010 年起经过的年数, 2010 年 $t=0$
$a$	$a$ 岁年龄组
$P(t)$	第 $t$ 年全国总人口
$P(a, t)$	第 $t$ 年中国 $a$ 岁年龄组人口数
$P_{uf}(a, t)$	第 $t$ 年城市 (urban) 女性 (female) 年龄为 $a$ 岁的人口数
$P_{um}(a, t)$	第 $t$ 年城市男性 (male) 年龄为 $a$ 岁的人口数
$P_{cf}(a, t)$	第 $t$ 年乡村 (country) 女性年龄为 $a$ 岁的人口数
$P_{cm}(a, t)$	第 $t$ 年乡村男性 male 年龄为 $a$ 岁的人口数
$B_1$	妇女生育年龄下限, 定为 19 岁
$B_2$	妇女生育年龄上限, 定为 49 岁
$TR(t)$	第 $t$ 年全国女性总和生育率, 每 1000 个妇女生育婴儿个数
$TR(a, t)$	第 $t$ 年 $a$ 岁女性生育率与总生育率的占比%
$TR_u(a, t)$	第 $t$ 年城镇 $a$ 岁女性生育率与 $a$ 岁女性生育率的占比%
$TR_c(a, t)$	第 $t$ 年农村 $a$ 岁女性生育率与 $a$ 岁女性生育率的占比%
$\beta_u(0, t)$	第 $t$ 年城市 0 岁年龄组死亡率
$\beta_c(0, t)$	第 $t$ 年农村 0 岁年龄组死亡率
$\beta_{uf}(a, t)$	第 $t$ 年城市女性 $a$ 岁年龄组死亡率
$\beta_{um}(a, t)$	第 $t$ 年城市男性 $a$ 岁年龄组死亡率
$\beta_{cf}(a, t)$	第 $t$ 年乡村女性 $a$ 岁年龄组死亡率
$\beta_{cm}(a, t)$	第 $t$ 年乡村男性 $a$ 岁年龄组死亡率
$R(t)$	第 $t$ 年中国城镇化率, 常住人口人数占总人口比例%
$\lambda$	第 $t$ 年出生男女比例, 固定值 105
$GDR$	总抚养比为平均每个劳动年龄(15-64 岁)人口所需要赡养的老幼人口数
$ODR$	老年总抚养比为平均每个劳动年龄(15-64 岁)人口赡养的 65 岁以上人口数
$CDR$	儿童总抚养比为平均每个劳动年龄(15-64 岁)人口所需要赡养的 0-14 岁人口数
$MR(t)$	$t$ 年的迁移人口
$MR_c(a)$	农村迁移的 $a$ 岁人口占农村迁移的总人口比例
$MR_{cf}(a)$	农村迁移的 $a$ 岁人口中的女性占农村 $a$ 岁迁移的人口比例
$Y_e(t)$	$Y_e$ 表示全国 6 岁以上平均受教育年限, 单位: 年
$P_h(t)$	表示 $t$ 年的全国平均房价, 单位: 万元/平方米

备注: 全国女性总和生育率, 等于育龄各年龄段生育率之和, 出生婴儿数/育龄妇女人数。

### 3.1.3 模型建立

采用年龄移算模型，将一岁划分为一个年龄组，如  $P(a)$  为  $a$  岁年龄组，从  $t$  年到  $t+1$  年需要考虑  $t$  年  $a$  岁的人活到  $t+1$  年的人口数：

1. 0 岁新生儿年龄组人数  $P(0, t+1)$ ： $t+1$  年育龄（19-49 岁）妇女中 19-49 岁每个年龄段妇女平均意义在这一年生下的婴儿数，由育龄内各年龄组的妇女人数总和生育率共同决定，且这些婴儿还需要存活到  $t+1$  年末。

2. 1 岁以上普通年龄组人数  $P(a, t+1)$ ：考虑  $t$  年小一岁年龄组  $P(a-1, t)$  中活过第  $t$  年的人口数。

城镇化是社会由以农业为主的传统乡村型社会向以工业和服务业等非农产业为主的现代城市型社会逐渐转变的历史过程，人口向城市地区集聚和乡村地区转变为城市地区，不包括逆城市化的。农村和城镇由于生活环境不同，医疗条件不同，受教育程度不同，生育率和死亡率都有差异，即迁移后生育率和死亡率均发生改变，进而影响全国人口规模和结构。

通过城镇化率来计算迁移人口规模，则  $t$  年的迁移人口表达式：

$$MR(t) = R(t) * P(t) - R(t-1) * P(t-1)$$

通过对人口迁移的年龄组别进行研究，发现 65 岁以上的人口迁移较少，为此，不考虑 65 岁以上人口的迁移。

$t$  年末城市  $a$  年龄组别的女性人数由  $t-1$  年的  $a-1$  年龄组别的城里人数加上  $t$  年净迁移至城里的  $a$  岁女性人口数，则  $t$  年城市  $a$  岁存活女性人口表达式：

$$P_{uf}(a, t) = [P_{uf}(a-1, t-1) + MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cf}(a-1)] * (1 - \beta_{uf}(a, t-1))$$

$t$  年城市  $a$  岁存活男性人口表达式：

$$P_{um}(a, t) = [P_{um}(a-1, t-1) + MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cm}(a-1)] * (1 - \beta_{um}(a, t-1))$$

$t$  年农村  $a$  岁存活女性人口表达式：

$$P_{cf}(a, t) = [P_{cf}(a-1, t-1) - MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cf}(a-1)] * (1 - \beta_{cf}(a, t-1))$$

$t$  年农村  $a$  岁存活男性人口表达式：

$$P_{cm}(a, t) = [P_{cm}(a-1, t-1) - MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cm}(a-1)] * (1 - \beta_{cm}(a, t-1))$$

$t$  年 1-99 岁男女总人口表达式：

$$P(t) = \sum_{a=1}^{a=99} (P_{uf} + P_{um} + P_{cf} + P_{cm})$$

$t$  年城里出生的婴儿人口表达式：

$$P_u(0, t) = \sum_{B1=19}^{B2=49} (P_{uf}(a-1, t-1) + MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cf}(a-1)) * (1 - \beta_{uf}(a, t-1)) * (TR(t)+1) * TR(a, t) * TR_u(a, t) / 10000$$

$t$  年城里出生的女婴人口表达式：

$$P_{uf}(0, t) = 100 / (100 + 105) * P_u(0, t)$$

$t$  年城里出生的男婴人口表达式：

$$P_{um}(0, t) = 105 / (100 + 105) * P_u(0, t)$$

$t$  年农村出生的婴儿人口表达式：

$$P_c(0, t) = \sum_{B1=19}^{B2=49} (P_{cf}(a-1, t-1) - MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cf}(a-1)) * (1 - \beta_{cf}(a, t-1)) * (TR(t)+2.5) * TR(a, t) * TR_c(a, t) / 10000$$

$t$  年农村出生的女婴人口表达式：

$$P_{cf}(0, t) = 100 / (100 + 105) * P_c(0, t)$$

$t$  年农村出生的男婴人口表达式

$$P_{cm}(0, t) = 105 / (100 + 105) * P_c(0, t)$$

$t$  年出生的婴儿人口总数表达式：

$$P(0, t) = P_c(0, t) + P_u(0, t)$$

100 岁及以上人口，统一为一组，定义为  $100^+$

$$P(100^+, t) = P_u(100^+, t) + P_c(100^+, t)$$

$$\begin{aligned}
 P_{uf}(100^+, t) &= P_{uf}(99, t-1) * (1 - \beta_{uf}(99, t-1)) + P_{uf}(100^+, t-1) * (1 - \beta_{uf}(100^+, t-1)) \\
 P_{um}(100^+, t) &= P_{um}(99, t-1) * (1 - \beta_{um}(99, t-1)) + P_{um}(100^+, t-1) * (1 - \beta_{um}(100^+, t-1)) \\
 P_{cm}(100^+, t) &= P_{cm}(99, t-1) * (1 - \beta_{cm}(99, t-1)) + P_{cm}(100^+, t-1) * (1 - \beta_{cm}(100^+, t-1)) \\
 P_{cf}(100^+, t) &= P_{cf}(99, t-1) * (1 - \beta_{cf}(99, t-1)) + P_{cf}(100^+, t-1) * (1 - \beta_{cf}(100^+, t-1)) \\
 P(100^+, t) &= P_{uf}(100^+, t) + P_{um}(100^+, t) + P_{cf}(100^+, t) + P_{cm}(100^+, t)
 \end{aligned}$$

$$\text{总人口 } P(t) = P(100^+, t) + P(0, t) + \sum_{Y1=1}^{Y2=99} P(a, t)$$

$$\sum_{Y1=1}^{Y2=99} P(a, t) = \sum_{Y1=1}^{Y2=99} (P_{um}(a, t) + P_{uf}(a, t) + P_{cm}(a, t) + P_{cf}(a, t))$$

抚养比:

$$0-14 \text{ 岁人口总数表达式: } P(0-14, t) = P(0, t) + \sum_{Y1=1}^{Y2=14} P(a, t)$$

$$65 \text{ 岁以上人口总数表达式: } P(65^+, t) = \sum_{Y1=65}^{Y2=99} P(a, t) + P(100^+, t)$$

$$\text{劳动力人口总数表达式: } P(15-64, t) = P(t) - P(0-14, t) - P(65^+, t)$$

$$\text{老年人口抚养比表达式: } ODR = P(65^+, t) / P(15-64, t)$$

$$\text{少年儿童抚养比表达式: } CDR = P(0-14, t) / P(15-64, t)$$

$$\text{总抚养比表达式: } GDR = ODR + CDR$$

### 3.1.4 参数的设定

#### 3.1.4.1 初始值的选取

我国在在逢“0”的年份进行全国人口普查；在逢“5”的年份进行全国 1%人口抽样调查；其余年份进行全国人口变动情况抽样调查，样本量约占全国总人口的 1‰左右。2020 年进行第七次普查，目前只披露公报，未有详细数据，本文以 2010 年人口普查数据作为预测的初始数据<sup>[3]</sup>，分城镇和农村、分年龄、分性别的人口数据作为模型计算的初始值。

#### 3.1.4.2 总和生育率的确定

总和生育率指正常情况下每个育龄妇女一生中平均所生育的儿女总数。中国统计年鉴自 2017 年之后就没有“2-17 育龄妇女分年龄、孩次的生育状况”，且考虑生育率与 GDP、受教育程度、城市化率、房价等均有影响，为此，用多元回归模型预测总和生育率<sup>[6]</sup>。一般计算中采用 15-49 岁育龄妇女作为基础，考虑我国婚姻法“女不得早于二十周岁”及按年龄划分的育龄妇女生育率中 15-19 岁年龄组别的生育率低，为此，本次采用 19-49 岁育龄妇女的生育率作为基础进行计算。总和生育率=a0-a1\*LgGDP-a2\*城镇化率-a3\*受教育年限-a4\*Lg 全国平均房价。测算 t 年总和生育率：

$$TR(t) = -2.22 - 0.77 * \lg GDP - 0.12 \lg P_h - 0.06 R(t) - 0.32 Y_e$$

表 1 总和生育率影响因素

年份	LgGDP	LgPh	城镇化率%	6 岁以上受教育年限 Ye
2005	5.27	3.47	42.99	7.83
2006	5.33	3.49	43.90	8.04
2007	5.43	3.56	44.94	8.18
2008	5.50	3.55	45.68	8.27
2009	5.54	3.65	48.34	8.38
2010	5.62	3.67	49.95	8.21
2011	5.69	3.73	51.27	8.85
2012	5.73	3.76	52.57	8.94
2013	5.77	3.79	53.73	9.05

年份	LgGDP	LgPh	城镇化率%	6 岁以上受教育年限 Ye
2014	5.81	3.80	54.77	9.13
2015	5.84	3.83	56.10	9.27

按照以上公式对总和生育率进行预测，2020 年人口生育率跌至最低点，2023 年开始逐步回升后平稳至 2047 年，2050 年生育率有所提高，可达到 1.55。

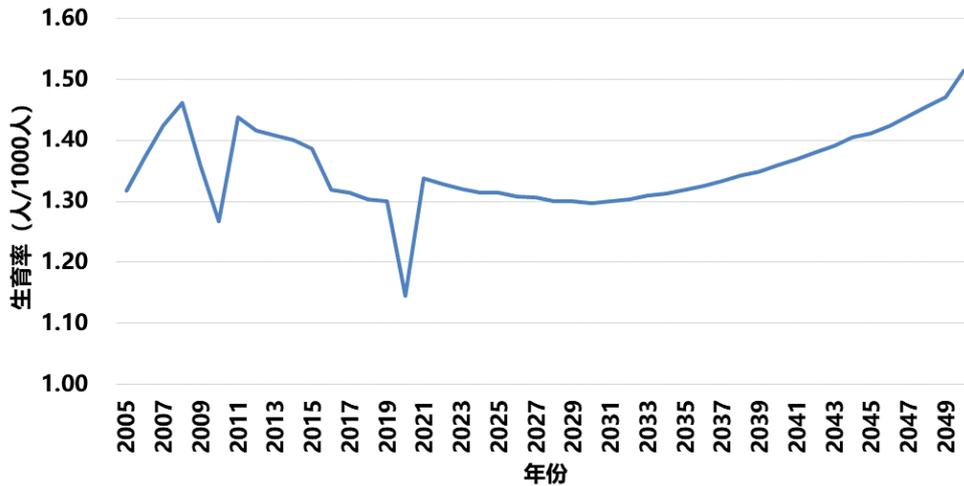


图 7 未考虑生育政策的总和生育率

考虑 2010 年二孩占比 26%，2016 年全面实施二孩政策，2017 年政策效逐步释放，二孩占比为 51%，2018 年二孩政策稳步实施，二孩占比保持在 50%左右，2019 年二孩及以上孩次占比为 59.5%<sup>[7]</sup>。结合目前二孩的占比及不同时间的生育政策，城镇与农村生育率的不同，将生育政策赋值至总和生育率上，考虑城镇人口和农村人口不同的生育观念，对城镇的总和生育率加 1，对农村总和生育率加 2.5，则城镇总和生育率公式为： $TR_u(t) = TR(t) + 1$ 。

城镇新生人口为：

$$P_u(0,t) = \sum_{B1=19}^{B2=49} (P_{uf}(a-1,t-1) + MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cf}(a-1)) * (1 - \beta_{uf}(a,t-1)) * (TR(t)+1) * TR(a,t) * TR_u(a,t) / 10000$$

农村总和生育率公式为： $TR_c(t) = TR(t) + 2.5$ ，农村新生人口为：

$$P_c(0,t) = \sum_{B1=19}^{B2=49} (P_{cf}(a-1,t-1) - MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cf}(a-1)) * (1 - \beta_{cf}(a,t-1)) * (TR(t)+2.5) * TR(a,t) * TR_c(a,t) / 10000$$

### 3.1.4.3 年龄组生育率占比的取值

年龄组生育率：是指某个育龄组的女性所生的活产婴儿数与这个年龄的女性总数之比。2010 年第六次人口普查数据中按年龄划分的育龄妇女生育率原始数据作为一孩政策下年龄组生育率，计算出城镇生育率占总生育率比值%和乡村生育率占总生育率比值%，并在年龄组生育保持不变，直接以 2010 年数据为固定值进行计算。

表 2 各年龄组生育率占比

2010 年	全国各年龄段生育率 TR(a, t) ①	城镇生育率 ①	乡村城镇生育率 ①	城镇生育率占总生育率比值% TR <sub>u</sub> (a, t) ②	乡村生育率占总生育率比值% TR <sub>c</sub> (a, t) ②
19	14.40	3.98	10.42	27.63	72.34
20	34.54	10.07	24.47	29.15	70.84
21	57.30	18.12	39.18	31.62	68.37
22	71.33	24.74	46.59	34.68	65.32
23	92.51	35.72	56.79	38.61	61.39
24	99.09	41.94	57.15	42.32	57.68
25	91.58	41.05	50.53	44.82	55.18
26	89.83	43.89	45.94	48.86	51.14

2010 年	全国各年龄段生育率 TR(a, t)①	城镇生育率①	乡村城镇生育率①	城镇生育率占总生育率比 值%TRu(a, t)②	乡村生育率占总生育率比 值%TRc(a, t)②
27	79.79	42.45	37.34	53.21	46.79
28	86.01	48.04	37.98	55.85	44.16
29	72.97	39.72	33.25	54.43	45.57
30	59.79	31.08	28.71	51.98	48.02
31	53.79	28.05	25.74	52.15	47.85
32	48.42	24.67	23.75	50.95	49.05
33	36.23	18.45	17.78	50.91	49.09
34	32.12	15.86	16.26	49.37	50.63
35	26.47	13.19	13.27	49.84	50.15
36	22.67	11.21	11.46	49.47	50.55
37	18.66	9.11	9.55	48.84	51.16
38	15.45	7.45	8.00	48.21	51.77
39	11.88	5.77	6.11	48.56	51.44
40	10.81	5.09	5.72	47.08	52.95
41	7.66	3.52	4.14	45.89	54.05
42	7.87	3.72	4.15	47.30	52.70
43	5.73	2.55	3.18	44.54	55.47
44	5.10	2.31	2.78	45.38	54.58
45	4.83	2.30	2.53	47.62	52.42
46	4.26	2.01	2.25	47.15	52.84
47	4.93	2.45	2.48	49.71	50.22
48	5.53	2.69	2.84	48.65	51.37
49	3.72	1.83	1.89	49.24	50.82
总和生育率 TR(t)	1187.87	546	641.86		

备注：①生育率：每 1000 育龄妇女生育婴儿人数

②生育率占比：生育婴儿数/全国育龄妇女

### 3.1.4.4 出生性别比的确定

某一时期内出生女婴人数与出生所有婴儿人数的之比。从 1949 至 2020 年出生男女比例数据可以看出，没有什么明确的趋势变化，出生性别在 103~108 之间。随着社会的发展进步，封建重男轻女的思想已经逐渐被摒弃，且随着三孩子政策的放开，性别比自然规律，本研究中将性别比固定取值 105<sup>[5]</sup>。

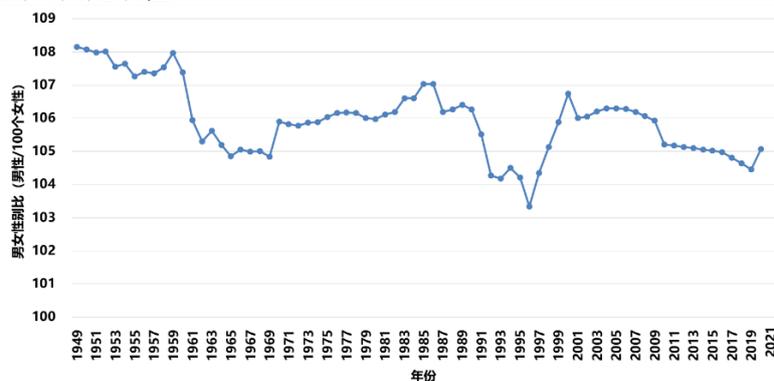


图 8 1949-2020 年男女出生性别比

### 3.1.4.5 死亡率的取值

死亡率是指在一定时期内的某年龄组死亡人数与该时期这个年龄组平均总人口数的比率。计算公式为：年龄组死亡率=(某年龄组死亡人数/该年龄组平均总人口数)\*100，单位：千分之一。

下一年的年龄组死亡率相比于上一年降低 5 千分之（从 2000 年开始，随着医疗条件的普及），即下一年各年龄组的死亡率是上一年的 99.5%， $\beta(t)=\beta(2010)*99.5\%^{(t-2010)}$

### 3.1.4.6 城镇化率的确定

城镇化率，即全国城镇常住人口占总人口比例，以 2050 年城镇化率为 80%，大约为每年增长 1%，公式为： $R(t)=100/(1+0.036*e^{(-0.036*(t-2010+2.756)})}$

### 3.1.4.7 迁移率的确定

迁移人口通过本年度的城镇化人口减去上一年的城镇化人口算出，通过计算农村迁移人数占同年龄段迁移人口的比例，计算出农村总本迁移人数，通过计算出农村男女分别占同年龄的迁移比的比例，计算出农村迁移至城里的男女人口数量。农村 a 岁迁移至城市的女性人口公式为：

$$MR_{cf}(a,t) = MR(t) * MR_c(a-1) * MR_{cf}(a-1)$$

表 3 农村迁移率

年龄	农村迁移人数占同年龄段人口的比例 %MRc (a)	男占同年龄迁移比%MRm (a)	女占同年迁移比%MRcf (a)	年龄	农村迁移人数占同年龄段人口的比例%MRc (a)	男占同年龄迁移比%MRm (a)	女占同年迁移比%MRcf (a)
0	12.77	54.23	45.77	33	13.55	53.01	46.99
1	13.96	54.41	45.59	34	14.02	53.66	46.34
2	13.69	54.12	45.88	35	14.22	54.15	45.85
3	13.04	53.95	46.05	36	14.29	54.85	45.15
4	13.46	53.80	46.20	37	14.19	55.59	44.41
5	13.16	54.05	45.95	38	14.40	55.94	44.06
6	12.97	54.13	45.87	39	14.23	56.68	43.32
7	13.08	54.31	45.69	40	14.66	56.48	43.52
8	12.56	54.16	45.84	41	14.50	57.30	42.70
9	12.51	54.19	45.81	42	14.82	57.62	42.38
10	12.30	54.06	45.94	43	15.25	57.92	42.08
11	12.45	53.79	46.21	44	15.11	58.60	41.40
12	12.49	53.41	46.59	45	14.89	59.34	40.66
13	11.86	53.38	46.62	46	14.27	60.03	39.97
14	11.32	53.03	46.97	47	13.63	61.38	38.62
15	9.86	52.78	47.22	48	14.22	61.65	38.35
16	9.12	51.60	48.40	49	13.72	61.18	38.82
17	9.56	50.99	49.01	50	13.77	61.89	38.11
18	10.70	49.81	50.19	51	13.24	63.37	36.63
19	11.82	47.92	52.08	52	13.43	63.88	36.12
20	12.62	45.97	54.03	53	12.99	63.71	36.29
21	12.96	45.00	55.00	54	13.16	63.10	36.90
22	13.71	43.90	56.10	55	13.11	63.24	36.76
23	14.42	43.60	56.40	56	12.89	63.15	36.85
24	14.69	43.43	56.57	57	13.18	63.26	36.74
25	14.62	44.12	55.88	58	13.55	64.02	35.98
26	14.10	45.15	54.85	59	13.35	63.77	36.23
27	13.49	46.37	53.63	60	14.29	65.20	34.80
28	13.13	47.30	52.70	61	13.95	65.82	34.18
29	13.28	48.55	51.45	62	14.68	66.10	33.90
30	13.77	49.29	50.71	63	14.59	66.83	33.17
31	13.26	51.07	48.93	64	14.96	67.23	32.77
32	13.66	51.64	48.36				

### 3.2 模型求解

基于计划生育政策，以 2010 年第六次人口普查数据为基础，确定以上参数后，用 Matlab 编写迭代预测人口程序，得到 2011-2050 年分城乡分性别分年龄人口预测数据。

#### 3.2.1 总人口预测

通过全国总人口预测数据，可以看到全国人口呈现先增加后减少的趋势，自 2015 年由于二孩政策的放开，人口快速增长，2021 年增长速度变缓，2027 年将达到峰值 14.26 亿后开始平缓下降，至 2050 年我国人口降到 13.31 亿，说明在未来 30 年我国人口下降 8070 万人。

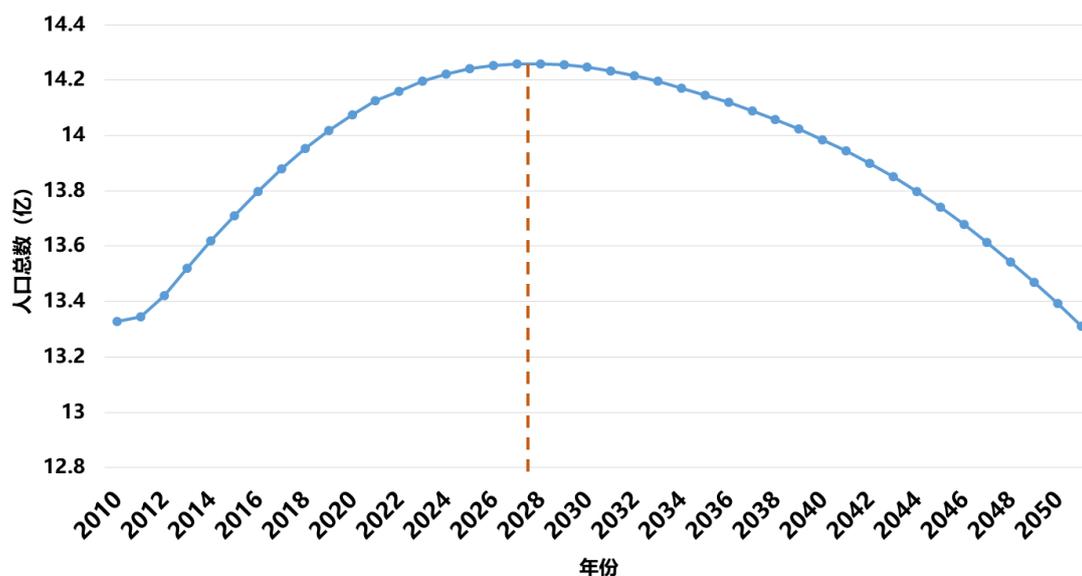


图9 预测 2050 年总人口

将 2011 年至 2020 年实际人口与评价预测数据进行对比，并计算出相对误差，最大误差 0.96%，模型及参数取值相对合理。

表4 人口计算误差率

年份	预测人口 (亿)	实际人口 (亿)	误差 (亿)	相对误差%
2010	13.35	13.41	-0.08	-0.60
2011	13.42	13.47	-0.13	-0.95
2012	13.52	13.54	-0.12	-0.88
2013	13.62	13.61	-0.09	-0.63
2014	13.71	13.68	-0.06	-0.44
2015	13.80	13.75	-0.04	-0.25
2016	13.88	13.83	-0.03	-0.20
2017	13.95	13.90	-0.02	-0.15
2018	14.02	13.95	0.00	-0.01
2019	14.08	14.00	0.02	0.13
2020	14.13	14.12	-0.04	-0.29

#### 3.2.2 人口结构分布

人口结构实质就是分年龄段人口占比，即不同年龄段人口占总人口的比例。通过按年龄段划分，0-14 岁为儿童人口，15-64 岁为劳动力人口，65 岁以上为老龄人口。各个年龄段人口占总人口的比例，可以反映社会老龄化进程和人口更新的速度。分年龄段人口数预测及人口系数预测结果显示儿童人口占比在 2031 年达到顶峰，老年人口占比逐年增加 2050 年

占比达到 29.37%。老年人占比的提升，不仅在于出生率的降低，同时由于医疗水平的提升，平均寿命得以提高。

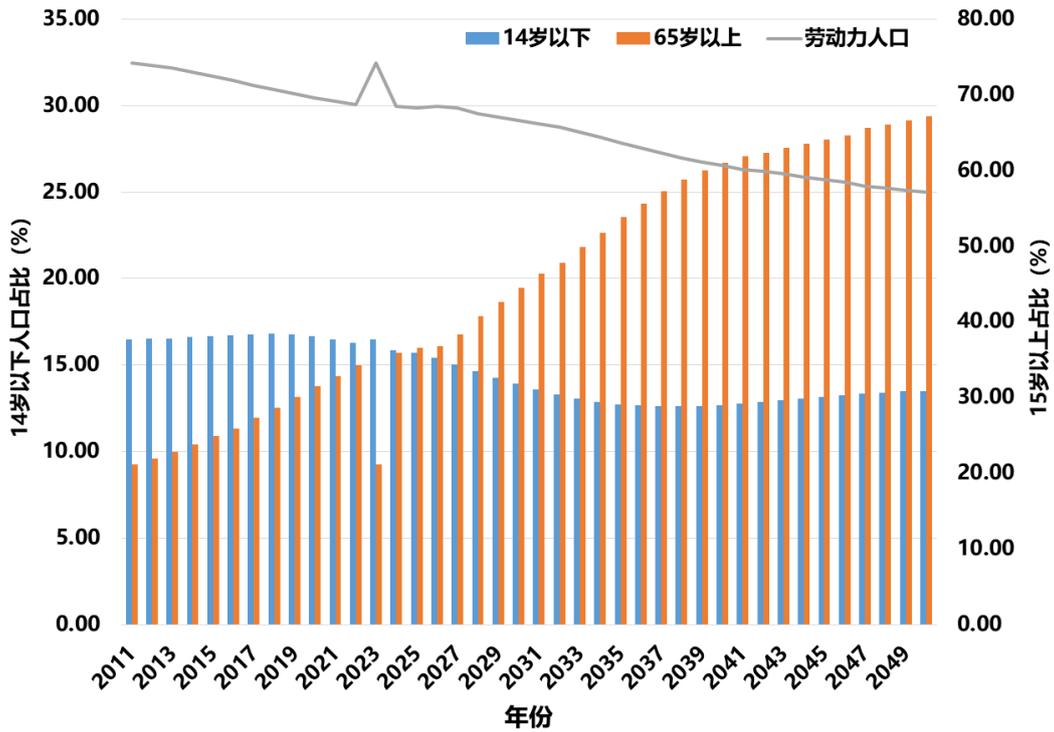


图 10 预测各年人口结构

### 3.2.3 人口抚养比

人口抚养比 GDR 是非劳动人口与劳动人口的比例，抚养比越大，说明每个劳动人口所负担的抚养压力越大。通过预测数据可以看出，我国总人口抚养比和老龄人口抚养比呈上升趋势，2025 年 ODR 已超过 CDR，2031 年 ODR 突破 30%，总人口抚养比超过 50%，2050 年老龄人口抚养比超过 50%，总人口抚养比超过 70%，劳动力人口所要背负的压力越来越大，社会保障负担加重。

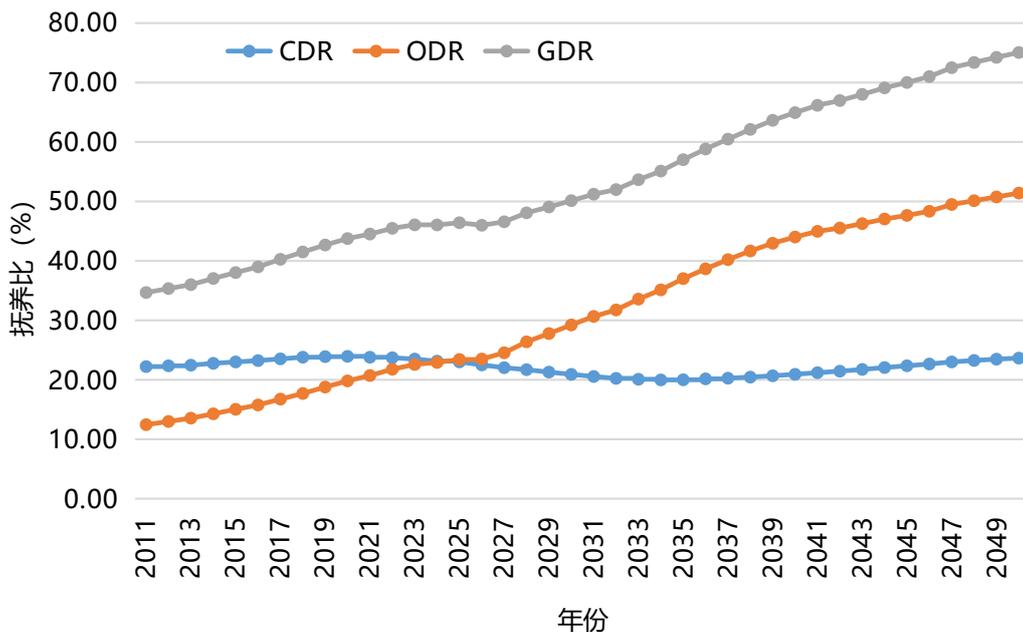


图 11 人口抚养比预测

### 3.3 数据分析

我国的出生人口高峰分别在 1957、1970 年和 1990 年，都是由于生活开始平稳，幸福指数得以提升。三孩政策提振人口总量上升效果不明显，自 2021 年开始，新生人口持续平稳下降，持续十年，2031 年时约十年，人口总量的峰值出现在 2031 年达到低谷，之后呈现稳中小幅上升趋势，2037 年新生人口将达到最低值，2040 年开始小幅下降，2050 年新生人口 1135 万，人口达到 13.31 亿人，人口总量得到了有效控制。本报告对生育政策数据进行了调整，若按照按照 3 孩子政策实施，则 2050 年新生人口 1364 万，比预测的多 229 万，总人口 13.93 亿，比预测多 6200 万，说明若取消计划生育政策，通过保障措施的激励，人口将会有效提升。

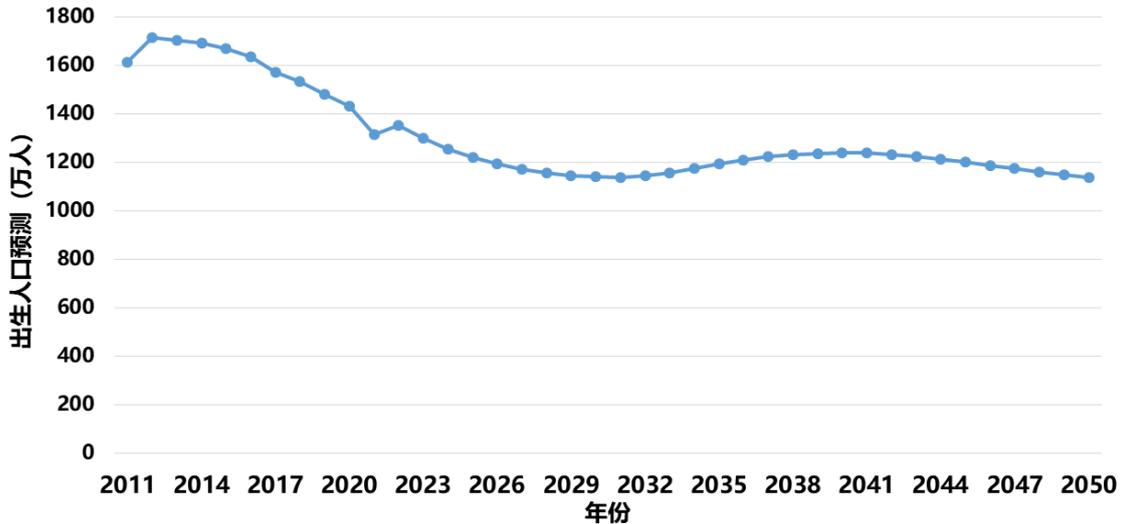


图 12 每年出生人口预测

## 4 对应措施及建议

通过模型预测出 30 年的人口总量与结构分布，说明三孩政策可有效提升人口总量，但效果不具有持久性。本模型通过与实际人口进行对比，发现对生育政策的评价过于乐观，不想生的还是不想生，未因为生育政策的变更而调整自己的生育想法。为此，建议全面取消生育政策，虽然人口政策的实施所产生的效应并不能在几年内有所显现，但是可通过以下几项措施减缓生育压力，提升想生不敢生的适龄妇女的生育意愿，从而提高生育率，同时加大老年人的健康产业，在优化人口结构的同时，提高人口质量。

### 4.1 关注适龄女性，提振整体生育的意愿

1、加大关于正确婚恋观念的宣传，通过微信公众号等多种手段引导适龄青年步入婚姻生活，加强男性的抚养意识，培养共同抚养下一代的信心。

2、由于女性越来越关注身材管理，为此，加大有关产前产后健康行业的培育，注重产后抑郁心理疏导，减缓产妇产后焦虑。

3、建立妇女生产基金，对于生产期的妇女给予补贴，对于企业员工中有哺乳期的职工，可通过减免一定的税收，提升女性就业机会，减少其就业压力。

### 4.2 健全保障体系，保证生育意愿的实现

1、鼓励生育，设立生育基金，对于生育行为予资金支持，产前检查、生产费用等根据所生育孩子的个数进行不同比例的减免。国家给予婴儿补贴一定的奶粉费用。对于 2 岁前无法入托，且无人看护，可在大型公司或片区集中设置育儿点。对于隔代带娃，可由国家养老金池给予专门补贴。

2、目前公立幼儿园占比过低，2019 年占比仅 38.4%<sup>[8]</sup>，建议加大公立幼儿园和私立园的普惠托育服务，国家财政给予支持并引导社会力量尤其是国有企业兴办托育机构，尤其是大

型的社区，出台相应的管理办法，对于超过一定的人口社区配套托管服务机构，在家门口解决幼儿的入托问题。

4、随着城镇化率的提高，农村的流入人口对城市的基础设施和城市管理能力产生挑战，公共服务与常住人口间不平衡，且由于孩子需在户籍所在地入学等相关政策的影响，城乡间人口流动受到制度约束。为此，建议扩大城乡社区建设，充分考虑常住人口规模相适应的婴幼儿活动场所及配套服务设施，取消入学与户籍挂钩，就近上学。

5、在计算全国总生育时，房价将成为影响生育的主要因素，为此，保持目前稳定的房价，加大低价周转房的供应，不仅降低抚养直接成本，同时可提升生育率。

6、加大对婴幼儿看护家政服务等第三产业的引导和培训，解决目前市场供不应求的现象，同时要注重道德和技能培训，增强雇主与服务人员间的信任。

#### **4.3 完善养老设施，提高老年人服务社会意识**

随着生活水平的提高，老年人的身体比十年前更加健康，为此，如何正确地引导他们投入社会劳作中，根据个体身体状况，适当延长退休年龄，将他们由单纯的消费者转变成贡献与消费相结合，减少他们给经济发展所带来的负面影响。

1、社区成立老年培训中心，对如何使用手机购物、看病等进行多期培训，减少商场、医院等为其专门服务的支出，同时科学指导老年人锻炼身体，提高身体素质，减少医疗资源的占用。

2、对于可以隔代抚养的老人给予一定的补贴，减少青年一代的额外看护孩子支出。

3、加大社区医疗设施建设，减少小病去医院的麻烦，提高医疗资源的利用率。

4、加大老年养老院的建设，创新群体养老方式，缓解老龄化带给子女的压力。我国老年人喜欢储蓄，整体购买力相对较低，如何在有效地保障老年人的生活同时，引导老年人消费，提高他们消费水平，是发展老龄产业的关键。

参考文献:

- [1] 郭志刚, 王 军. 中国人口发展战略研究中的分歧与演进, 国际经济评论, 2020, 第 4 期, 38-53
- [2] <http://www.stats.gov.cn/> 国家统计局年鉴
- [3] <http://www.stats.gov.cn/2010> 年人口普查报告
- [4] 李伟舵, 肖明智. 中国城乡三元人口迭代模型的构建及人口结构预测, 西部学刊, 2015(8); 34-39
- [5] 赵英辰. 全面二孩政策下我国人口结构预测研究, 2018 年, 硕士学位论文
- [6] 周 游, 安海涛等. 全面二孩政策下的我国人口数量预测研究, 科技视界, 2018, 04, 217-219
- [7] 2017-2019 年我国卫生健康事业发展统计公报
- [8] [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_sjzl/sjzl\\_fztjgb/](http://www.moe.gov.cn/jyb_sjzl/sjzl_fztjgb/) 中华人民共和国教育部“教育发展统计公报”

## 致谢

国家关于放开三孩的生育政策颁布后,全国上下都在热议三孩政策能否真正地优化人口结构,生育政策如此密集地调整原因是什么?能否真正的解决我国老龄化问题?放开二孩生育政策是否起到作用?影响生育率有哪些关键因素?为此,我与我的指导老师朱浩楠老师深入探讨,能否通过建模的方法去分析政策的实施效果?朱老师引导我完成整个论文的思路,重在模型的选择上,他与我探讨采用哪种模型更优,提出是否要考虑城镇化率等的影响,为我的整个论文拓宽了思路。在整个过程中,朱老师无偿指导,让我感动。也非常感谢我的父母在我做这个课题研究中给予我的帮助。

Matlab 计算附录:

```
clear all  
close all  
clc
```

```
TRu = [27.63109095
```

```
29.14819317
```

```
31.61951817
```

```
34.68465989
```

```
38.60796865
```

```
42.32431356
```

```
44.82038736
```

```
48.86083817
```

```
53.20537219
```

```
55.84938019
```

```
54.43211517
```

```
51.98254006
```

```
52.15078597
```

```
50.95237885
```

```
50.91461846
```

```
49.37368772
```

```
49.83735388
```

```
49.46813606
```

```
48.84057613
```

```
48.20817931
```

```
72.3437 1.21225
```

```
9148 3866;
```

```
70.8441 2.90772
```

```
1913 5593;
```

```
68.3722 4.82376
```

```
3054 0176;
```

```
65.3172 6.00486
```

```
7139 5852;
```

```
61.3886 7.78788
```

```
3034 9247;
```

```
57.6769 8.34182
```

```
8102 1917;
```

```
55.1784 7.70959
```

```
5948 7852;
```

```
51.1379 7.56227
```

```
2207 5333;
```

```
46.7941 6.71706
```

```
0149 4999;
```

```
44.1562 7.24069
```

```
7756 1321;
```

```
45.5730 6.14292
```

```
8807 8098;
```

```
48.0182 5.03337
```

```
4726 9073;
```

```
47.8529 4.52827
```

```
3846 3296;
```

```
49.0481 4.07620
```

```
2932 3625;
```

```
49.0867 3.04999
```

```
5587 7054;
```

```
50.6265 2.70399
```

```
4907 9596;
```

```
50.1471 2.22835
```

```
5464 8322;
```

```
50.5534 1.90845
```

```
7871 7996;
```

```
51.1624 1.57087
```

```
8965 8968;
```

```
51.7688 1.30064
```

```
5268 7377;
```

48. 55688168	51. 4352	1. 00010
	8878	944;
47. 08321292	52. 9535	0. 91003
	8158	2243;
45. 89129873	54. 0507	0. 64485
	0116	1709;
47. 30364632	52. 6992	0. 66253
	8801	0412;
44. 54088173	55. 4650	0. 48237
	8487	6018;
45. 37994814	54. 5834	0. 42933
	7731	9911;
47. 61754071	52. 4197	0. 40661
	7337	0151;
47. 14965939	52. 8350	0. 35862
	653	5102;
49. 71061829	50. 2169	0. 41502
	4689	8581;
48. 64666311	51. 3745	0. 46553
	1338	9158;
49. 24343487	50. 8150	0. 31316
]/100;	3385	5582;

TR = [1. 267

1. 437

1. 416

1. 408

1. 401

1. 386

1. 32

1. 315

1. 304

1. 3

1. 145

1. 338

1. 328

1. 321

1. 315

1. 314

1. 307

1. 306

1. 301

1. 301

1. 297  
1. 301  
1. 304  
1. 309  
1. 312  
1. 319  
1. 325  
1. 333  
1. 342  
1. 349  
1. 361  
1. 369  
1. 381  
1. 391  
1. 405  
1. 411  
1. 424  
1. 44  
1. 455  
1. 472  
1. 515  
];% 2010-2050  
A = importdata('20210826.xlsx');% A3 Q103  
data = A.data.Sheet1;  
data(:,2:7) = data(:,2:7)\*10000;  
data(:,8:10) = data(:,8:10)/100;  
% data(:,8) = data(:,8)/10;  
P0 = [1332810869, 1334500000];  
R0 = [0.4834, sum(data(:,2))/P0(1)];  
2011%  
ite = 0;  
sol = zeros(40,2);  
Puf = data(:,4);Pum = data(:,3);  
Pcf = data(:,7);Pcm = data(:,6);  
for i = 2011:2050  
ite = ite +1;  
sol(ite,1) = i;  
clear Puf1 Pum1 Pcf1 Pcm1 Pul Pcl  
% P = P0(ite);  
% R = R0(ite);  
  
M = P0(ite+1)\*R0(ite+1)-P0(ite)\*R0(ite); % qianyin  
% 1-99  
index1 = 2:100; index2 = 1:99;

```

Puf1(index1) =
(Puf(index2)+M.*data(index2,8).*data(index2,10)).*(1-
data(index1,14)/1000);
Pum1(index1) =
(Pum(index2)+M.*data(index2,8).*data(index2,9)).*(1-
data(index1,13)/1000);
Pcf1(index1) = (Pcf(index2)-
M.*data(index2,8).*data(index2,10)).*(1-
data(index1,17)/1000);
Pcm1(index1) = (Pcm(index2)-
M.*data(index2,8).*data(index2,9)).*(1-
data(index1,16)/1000);

%0 TR index change different year
index3 = 19:49;
Pu1 =
((Puf(index3)+M*data(index3,8).*data(index3,10)).*(1-
data(index3,14)/1000))*(TR(ite)+1).*TRu(:,1).*TRu(:,3)
;
Pc1 = ((Pcf(index3)-
M*data(index3,8).*data(index3,10)).*(1-
data(index3,17)/1000))*(TR(ite)+2.5).*TRu(:,2).*TRu(:,
3);
Pu1(1) = sum(Pu1)*100/(105+100);
Pum1(1) = sum(Pum1)*105/(105+100);
Pcf1(1) = sum(Pc1)*100/(105+100);
Pcm1(1) = sum(Pc1)*105/(105+100);
100%
index4 = 100:101;
Puf1(101) = sum(Puf(index4).*(1-
data(index4,14)/1000));
Pum1(101) = sum(Pum(index4).*(1-
data(index4,13)/1000));
Pcf1(101) = sum(Pcf(index4).*(1-
data(index4,17)/1000));
Pcm1(101) = sum(Pcm(index4).*(1-
data(index4,16)/1000));
record(:,1:4,ite) = [Puf1',Pum1',Pcf1',Pcm1'];
record2(:,1:2,ite) = [Pu1,Pc1];
sol(ite,2) = sum(sum(record(:,1:4,ite)));
P0 = [P0,sol(ite,2)];
R0 = [R0, sum(sum(record(:,1:2,ite)))/sol(ite,2)];
Puf = Puf1';Pum = Pum1';
Pcf = Pcf1';Pcm = Pcm1';

```

```
end
for i = 1:40
    T =
    array2table([[0:100]', record(:, :, i)], 'VariableNames', {
    'age', 'Puf', 'Pum', 'Pcf', 'Pcm'});
    writetable( T, 'report0831.xls', 'Sheet', i);
end
T =
array2table([[2010:2051]', P0'], 'VariableNames', {'Year'
, 'P0_all'});
writetable( T, 'report0831.xls', 'Sheet', 41);
```

2021 S.-T. Yau High School Science Award