

论文编号_____



对外经济贸易大学
University of International Business and Economics

毕业论文

北京市企业职工基本养老保险收支缺口 估算与预测

学号 _____

姓名 _____

学院 _____ 保险学院

专业 _____ 精算学

导师 _____

时间 2020 年 3 月 15 日



对外经济贸易大学
University of International Business and Economics

Graduation Thesis

Analysis of gap between income and expenditure of Basic Endowment Insurance for employees in Beijing

Student ID No. _____

Student Name _____

Department/School Insurance and Economics

Major Field Actuarial Science

Advisor _____

Date March 15, 2020

对外经济贸易大学

本科生毕业论文（设计）开题申请表

学 号		姓 名	
选题方式	自选 <input checked="" type="checkbox"/> 指定 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>	课题来源	学院 <input checked="" type="checkbox"/> 校内 <input type="checkbox"/> 校外 <input type="checkbox"/>
题 目	北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测		
选题意义	<p>为了应对国内经济转型的迫切需要，推进供给侧改革，中国政府正持续优化企业经营环境，减轻企业缴费负担，而阶段性降低企业的养老保险缴费比例是其中一项重要举措。例如，2018 年，人力资源社会保障部与财政部就发布了《关于继续阶段性降低社会保险费率的通知》，在 2016 年降至 20%的基础上要求企业职工基本养老保险缴费率超过 19%的省，在满足截至 2017 年底基金累计结余可支付月数高于 9 个月的条件下，可阶段性执行 19%的缴费比例。而 2019 年 3 月 5 日，《政府工作报告》中再次提出要减轻企业社会保险缴费负担，要求城镇职工基本养老保险的单位缴费比例可下调至 16%。</p> <p>在全球经济态势下，连续降低基本养老保险的单位缴费比例彰显了政府的责任与担当，能够有效增强企业信心、刺激经济发展并提升国家竞争力。然而，考虑到中国养老保障体系和经济体制环境的特殊性，连续降低企业缴费比例在长期可能会影响城镇职工养老保险基金的可持续性。根据相关数据显示，若在单位缴费率为 19%的情况下仍维持当前水平的财政补贴政策，即便基金累计结余在 2018-2022 年稳步增长，其增长率却将出现明显的走低，从 2018 年的 20.7%持续下降至 2022 年的-8.1%，并且将在不久的未来扩大为“收不抵支”的财政缺口。</p> <p>因此，在坚决落实减税降费国家政策的同时，如何解决中国基本养老保险基金的长期可持续性问题就变得举足轻重，成为保障该战略顺利实施的基石。为此，我们首先要探明在不断下降的基本养老保险单位缴费条件下，包含时间成本的养老金收支缺口的变化趋势，进而探讨各类中长期控制措施的可行性。</p> <p>另一方面，北京市作为非常具有代表性的中国城市以及政治中心，能够充分体现和落实各项国家政策，同时也易获得观测分析所用的相关数据。因此，本文拟在已有相关成果的基础上，结合北京市相关数据与统计模型，对以上问题进行实证研究，从而测算出北京市未来的企业职工基本养老保险的养老金缺口，进而提出可行的中长期控制措施，探讨其推广至全国范围的可行性。</p>		

研究内容	<p>一、研究思路</p> <p>本文将采用诸如 OLS 回归、广义线性回归等统计方法，基于北京市的相关数据，参考 Leslie 人口模型等已有研究结果，构建北京市的总人口规模预测模型何衍生出的养老保险人口预测模型，以推算出北京市人口结构的变化趋势和养老保险人口数量。在此基础上，根据当前政策构建养老保险收支预测模型，分析北京市的未来养老保险收支缺口等。最后，思考相关因素对养老金缺口的影响，基于该类因素提出相关政策建议，推广至全国范围并思考其可行性与局限性。</p> <p>根据以上思路，本文的基本结构安排如下：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 前言：论述本文的选题背景和意义，对主要研究成果进行整理概述，明确本文的研究目标、量化方法以及内容，并指明本文的创新性与局限性。2. 人口规模与结构预测分析：基于现有研究的相关模型和政策进行参数调整，构建多变量的整体人口影响因素模型，从而得出人口预测结果及对应的养老保险人口数。3. 养老保险收支缺口预测分析：基于以上模型建立养老保险收支预测模型，考虑企业职工基本养老保险收入、财政补贴支出、时间成本贴现等相关因素进行回归，说明显著性水平，分析实证结果。4. 政策建议：基于前文的实证分析结果，同时结合相关政策与未来经济发展形势，提出控制养老金收支缺口发展的可行措施，并探讨其可行性和推广程度。 <p>二、研究创新点</p> <p>本文选题以北京市为地域单位，以企业职工养老保险的收支缺口为切入点，研究问题深入具体且具有针对性。</p> <p>目前的实证研究方面，在 20 世纪 90 年代基本养老保险制度“统账结合”确立后，首先受到关注的是“隐性债务”，即政府需要在未来兑现的养老金支付总额；而随着个人账户试点的启动，建立该制度所需要的“转型成本”又成为了研究重点。直到 21 世纪，随着人口结构，例如老龄化的加速影响了养老保险基金的可持续性，“养老金缺口”才进入学者们的视野。</p> <p>本文聚焦于近年方提出的“养老金缺口”这一概念，结合人口结构模型与政府收支测算的前沿理论与研究成果，主要采用建立统计模型的方法，从实证角度进行分析，令研究更具科学性与实践性。</p>
------	---

研究基础	<p>一、理论基础</p> <p>随着中国人口老龄化的加剧，顺应经济形势的企业养老保险缴费比例降低很可能进一步加剧企业职工养老保险基金长期可持续性问题。根据 2018 年中国社科院世界社保研究中心的数据预测显示，如果没有财政补贴政策，在现有的低单位缴费比例下，自 2018 年起的当期基金结余每年都会出现收不抵支的问题。这表明养老保险的支出必然会给财政带来持续增加的负担。</p> <p>针对该类情况，已经出现部分研究结果对全国范围内养老金收支缺口的发展趋势进行测算，同时提出了中长期解决手段。齐传钧(2019)通过建立模型测算得出，若保持现有制度不变，到 2050 年的养老金缺口将超过 8 万亿元；同时提出了延迟退休年龄、提高最低缴费年限等弥补措施，但考虑到灵活就业人群无法获得基本养老保险的待遇的限制，最终决定配合延迟退休政策实施国有资本划转是较为合适的解决方法，而其能否尽快实施还取决于相关配套措施的跟进。</p> <p>此外，刘学良(2014)也通过建立养老保险精算评估模型，预测了 2010-2050 年中国职工和居民全口径的养老保险收支缺口以及政府隐性债务。测算结果显示，若假定未来政府通过财政补贴方式为养老保险体系融资，则 2010-2050 年养老保险资金缺口所形成的隐性债务折现到 2010 年可达 57.5 万亿元，相当于 2010 年 GDP 的 143%。通过情景分析和政策模拟，该研究还发现提高退休和领取养老金年龄、降低养老保险替代率能显著降低缺口，而提高养老保险投资收益率、提高生育率等措施作用有限。</p> <p>二、实际条件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过以往学习积累了充分的专业理论知识，掌握了计量经济学、精算数学及数理统计等多门课程，具备统计分析的基本素养； 2. 曾参与数学竞赛、科研立项等多项赛事，具备良好的信息搜集整理技能和科研写作能力； 3. 校内图书馆及各种信息库可查阅到大量图书文献和数据信息。
------	--

研究计划	<p>一、主要研究方法</p> <p>1. 文献研究法：搜集整理近五年来已经出版的相关论文、正规刊物的发文以及官方新闻网站发布的消息等，全面了解本文研究内容，构建完整详尽的理论框架。</p> <p>2. 建立模型法：通过正规渠道获取数据，进行适当处理后，使用STATA、R等相关软件进行分析，建立人口结构预测模型和养老金收支预测模型，并通过回归结果得出结论。</p> <p>二、进度安排</p>	
	时间	任务进度
	2019/11/16-2019/11/26	确定选题、初步收集资料并撰写开题报告
	2019/11/27-2019/12/17	搜集相关文献，对各类人口预测与收支预测模型进行对比分析并阐释其合理性
	2019/12/18-2019/12/25	撰写研究背景框架与文献综述
	2019/12/26-2020/01/25	根据相应假设设定本文模型，搜集数据进行模拟，探究改进方法及合理性
	2020/01/26-2020/02/15	根据模拟结果整理研究结论，并据此推断合理的政策建议，阐释其推广度与局限性
	2020/02/16-2020/03/05	补充论文内容，根据论文撰写规范进行格式整理
	指导教师 审阅意见	
时间： 年 月 日		指导教师签字：

毕业论文（设计）诚信声明书

本人声明：我将提交的毕业论文（设计）《北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测》是我在指导教师指导下独立研究、写作的成果，论文中所引用他人的无论以何种方式发布的文字、研究成果，均在论文中加以说明；有关教师、同学和其他人员对本文的写作、修订提出过并为我在论文中加以采纳的意见、建议，均已在我的致谢辞中加以说明并深致谢意。

论文作者_____（签字） 时间： 年 月 日

指导教师已阅_____（签字） 时间： 年 月 日

毕业论文（设计）版权使用授权书

本毕业论文《北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测》是本人在校期间所完成学业的组成部分，是在对外经济贸易大学教师的指导下完成的，因此，本人特授权对外经济贸易大学可将本毕业论文的全部或部分内容编入有关书籍、数据库保存，可采用复制、印刷、网页制作等方式将论文文本和经过编辑、批注等处理的论文文本提供给读者查阅、参考，可向有关学术部门和国家有关教育主管部门呈送复印件和电子文档。本毕业论文无论做何种处理，必须尊重本人的著作权，署明本人姓名。

论文作者：_____（签字） 时间： 年 月 日

指导教师已阅_____（签字） 时间： 年 月 日

对外经济贸易大学

毕业论文（设计）指导记录表

学生姓名	王秋缘	学生学号	201630051
导师姓名	谢远涛	指导方向	
题 目	北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测		
修改情况	修改要求		
1	1. 适当充实文献综述内容，由陈述更改为评述格式； 2. 将文献综述中的定义与公式删除或移至对应章节； 3. 增加对研究创新点的描述。		
	时间：2020 年 2 月 29 日	指导教师签字：	
2	1. 补充每个章节测算过程使用的软件工具； 2. 在附录中补充测算代码。		
	时间：2020 年 3 月 7 日	指导教师签字：	
3			
	时间：	指导教师签字：	
审阅结果			
	时间：	指导教师签字：	

说明：按实际修改情况填写，不足 3 次，可留空白；修改超过 3 次，可另加页。

对外经济贸易大学
毕业论文（设计）指导教师成绩评定表

学生学号	201630051	学生姓名	王秋缘				
题目	北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测						
评价项目	具 体 要 求	满 分	分值与评分				
			A	B	C	D	E
论文准备	能独立查阅文献和从事调研；开题报告申请表填写清晰明确。	20	20-16	15-11	10-6	5-1	0
基础理论与专业知识	能运用所学基础理论和专业知识发现与解决实际问题。	20	20-16	15-11	10-6	5-1	0
分析及实践能力	理论分析与计算正确；实验数据可靠；设计合理，体现出一定的分析和实践能力。	20	20-16	15-11	10-6	5-1	0
论文（设计） 写作质量	立论明确，论述充分，结论合理；文字通顺，符合论文写作规范；文献综述简练完整；外语文献翻译准确，内容与论文直接相关。	30	30-26	25-21	20-16	15-11	10-0
创 新	体现出一定的创新意识。	10	10-9	8-7	6-5	4-3	2-0
评分合计							
指导教师 评语							
是否可以提交答辩		是		否			
指导教师签字		年 月 日					

对外经济贸易大学
毕业论文（设计）评阅教师成绩评定表

学生学号	201630051	学生姓名	王秋缘				
题目	北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测						
评价项目	具 体 要 求	满 分	分值与评分				
			A	B	C	D	E
文献综述	文献综述作为论文独立章节简练完整。	10	10-9	8-7	6-5	4--3	2-0
外语文献	翻译准确，内容与论文直接相关。	10	10-9	8-7	6-5	4--3	2-0
论文（设计） 写作质量	立论明确，论述充分，结论合理；文字通顺，符合论文写作规范。	60	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0
工作量及 难度	工作量饱满，难度较大。	10	10-9	8-7	6-5	4--3	2-0
创 新	体现出一定的创新意识。	10	10-9	8-7	6-5	4--3	2-0
评分合计							
评阅 教师 评语							
是否可以提交答辩		是		否			
评阅教师签字		年 月 日					

对外经济贸易大学

毕业论文（设计）答辩成绩评定表

学生学号	201630051	学生姓名	王秋缘				
题 目	北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测						
答辩小组成员	姓名						
	职称						
评价项目	具 体 要 求	满 分	分值与评分				
			A	B	C	D	E
陈述内容	思路清晰；语言表达准确，概念清楚，论点明确；研究方法科学，分析归纳合理；结论严谨，体现出一定的研究能力。	50	50-41	40-31	30-21	20-11	10-0
答 辩	回答问题有理论根据，基本概念清楚。主要问题回答准确、有深度。	30	30-26	25-21	20-16	15-11	10-0
创 新	体现出一定的创新意识。	10	10-9	8-7	6-5	4-3	2-0
陈述时间	符合要求。	10	10-9	8-7	6-5	4-3	2-0
评分合计							
答辩小组意见							
组长签字			年 月 日				

对外经济贸易大学

毕业论文（设计）综合成绩评定表

学 生 学 号	201630051	学 生 姓 名	王秋缘
题 目	北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测		
指导教师评定成绩			
评阅教师评定成绩			
答辩成绩			
毕业论文（设计）综合成绩		百分制成绩	
		五级记分制成绩	
毕业论文 指导委员会 审定意见			
	主任签字		年 月 日

说明：毕业论文（设计）综合成绩：分别由指导教师、评阅教师和答辩小组的评分组成，三部分的组成比例分别为 40%、10%、50%。

目 录

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
一、引言.....	1
（一）研究背景	
（二）研究意义	
（三）研究方法与内容安排	
（四）研究创新点	
二、文献综述.....	5
（一）人口预测模型综述	
（二）养老金缺口预测模型综述	
三、人口预测模型建立及结果分析.....	9
（一）人口预测模型的构建	
（二）数据说明	
（三）人口预测模型参数设定	
（四）结果预测及分析	
四、企业职工养老金缺口预测模型及结果分析.....	22
（一）模型背景	
（二）养老金收支预测模型构建	
（三）企业职工养老保险收支缺口结果预测	
五、主要结论及政策建议.....	288
（一）主要结论	
（二）基于模型结论的政策建议	
六、研究结果及展望.....	322
（一）研究结果	
（二）研究局限和推广性	
参考文献.....	333

附录一 外文译文两篇.....	355
附录二 模型运算代码.....	599
致谢.....	633

北京市企业职工基本养老保险收支缺口估算与预测

王秋缘

摘要

本文研究利用 2004-2018 年度北京市的相关数据，按照 Leslie 矩阵种群预测模型构建了人口预测模型，并结合养老金缺口相关理论知识，进一步建立北京市企业职工的养老金收入及支出方程，从而测算分析北京市未来的养老金缺口，提出对应的政策建议并检验其可行性，为地方及全国范围内的研究提供参考。通过测算可知，由于北京市未来人口老龄化的加剧，养老金将约在 2034 年产生累计赤字，并随时间发展逐渐扩大。目前解决该问题最有效的政策方法主要有：延迟退休年龄、加大生育政策调整力度及改变资金投资方式增加收益率。以上三种政策建议均能够对缓解我国养老问题起到较为明显的作用。

关键词：养老金缺口 人口老龄化 Leslie 模型

Analysis of gap between income and expenditure of Basic Endowment Insurance for employees in Beijing

Wang Qiuyuan

ABSTRACT

Based on relevant data in Beijing from 2004 to 2018, this paper constructs population forecast model according to Leslie matrix. And combining with theories of pension in basic endowment insurance, it further builds the equations of income and expenditure of pension for employees in Beijing, in order to predict the future pension gap, analyze the results, give recommendations for corresponding policies, and verify their feasibility. This research can provide reference for local and national studies within the field. According to the calculation, due to future aggravated population aging in Beijing, the pension will have deficit in 2034 cumulatively and expand over time. Effective policies to solve the problem mainly include: delaying the retirement age, strengthening policy of fertility encouragement, and changing capital investment method to increase the yield. The above suggestions can play importance in alleviating the pension problem.

Keywords: Pension gap Population aging Leslie matrix

一、引言

（一）研究背景

根据人口报告显示，中国人口数量于 2019 年再创新高，突破 14 亿。但同时，少子化和老龄化的加速正悄然逼近：2019 年的新生人口仅占总数的 1.05%，与此相对，65 岁及以上的人数占比则高达 12.6%。老龄化的加剧将使包括消费结构在内的多方面发生变化，例如对基本养老保险基金可持续性的影响。少子化和老龄化的增加将导致工作人口与退休人口的比例降低，从而使得工作人口为承诺养老金缴纳的份额增加。

但另一方面，企业养老保险金缴纳比率的阶段性降低也是当今政府推进供给侧改革的重要举措之一。中国经济从 2015 年起已迈入新阶段，迫切需要转型。为了适应该变化，中国政府正持续优化企业经营环境，缓解企业缴费负担。例如 2018 年发布的《关于继续阶段性降低社会保险费率的通知》中表明，若省级地区的企业职工养老金缴费率超过 19%，则可在满足具体条件的情况下阶段性执行 19% 的缴费比例。该比例相较 2016 年的 20% 再次下调。而 2019 年 3 月 5 日的《政府工作报告》中再次提出减轻企业社会保险缴费负担，要求 16% 的城镇职工基本养老保险单位缴费比例。

在全球经济态势下，连续降低基本养老保险单位缴费比例能够有效彰显政府的责任与担当，增强企业信心，从而刺激经济发展并提升国家竞争力。但考虑到中国老龄化的日渐加剧及养老保障体系和经济体制环境的特殊性，企业缴费比例的迫降在长期很可能影响养老金平衡的可持续性。例如 2018 年中国社科院世界社保研究中心的数据预测显示，若不考虑财政补贴政策，在现有单位缴费比例下，当期基金结余自 2018 年起每年都会产生收不抵支。同时根据相关数据，单位缴费率为 19% 并维持当前水平的财政补贴政策的情况下，即便基金累计结余会在 2018-2022 年稳步增长，其增长率却将持续走低，从 2018 年的 20.7% 跌至 2022 年的 -8.1%，并于短期内扩大为“收不抵支”的资金缺口。

在坚决落实国家降费政策的同时，保证中国基本养老保险基金的长期可持续性也将成为该战略顺利实施必不可少的基础。为此，我们首先要探明包含时间成本的养老金缺口随基本养老保险单位缴费条件变动的变化趋势，进而探讨各类中长期控制措施的可行性。北京市作为代表性中国城市以及政治中心，在保证观测分析所需数据全面性与可获得性时，更能够充分体现和落实各项国家政策。因此，本文拟在现有成果的基础上，联系北京市相关数据与已有的统计模型，对以上问题进行实证研究，测算北京市企业职工基本养老保险的养老金收支情况及缺口，进而思考有效的中长期控制措施并探讨其可行性。

（二）研究意义

1995年3月,《关于深化企业职工养老保险制度改革的通知》在改革开放的经济背景下正式发布,确立了社会单位统筹与个人账户结合的新型中国特色养老保险制度,即“统账结合”,意在弥补现收现付制运行不透明、层系单一等局限。但事实上,由于改革前现收现付社会养老保险规制的长期积累,中国基本不存在养老基金的结余,因此仍然只能维持企业在职职工缴费的局面,造成了“空账”式资金运作,与现收现付无本质差异的同时还伴随着隐性债务的增加。而随着中国人口老龄化现象的加剧和经济结构调整带来的就业压力增大,养老基金的筹集势必会越来越困难,统账结合制度迫切需要得到有效落实,与此相关的资金缺口以及隐性债务等问题也陆续进入学术各界的视野。

因此,本文的研究意义主要如下:

(1) 研究方法方面,本文聚焦于近年来饱受关注的“养老金缺口”这一概念,针对北京市企业职工这一代表性群体,综合多种人口预测模型评价后,选取适用性较为广泛的Leslie矩阵人口预测模型作为基础,进而构建基本养老保险的收支预测模型,分析北京市未来的养老金缺口等信息。同时,本文还考虑了诸如全面二胎、缴费比例等政策对数据的影响,从而进行适当的数据处理,其较为全面的考量因素和新颖的角度可为其他的相关研究者提供一定参考。

(2) 北京市作为我国的政治中心,在落实政府新兴政策与改革方面紧跟时事,也拥有雄厚的经济实力和大规模的工作人口。因此,北京市的企业职工养老金缺口与全国范围内的养老金收支变化趋势有着较为紧密的联系,本文的研究能够对了解未来中国养老金资本的起伏起到一定指导作用。同时,本文的研究结论也将为相关政策在中长期的措施改进提供有效参考。

（三）研究方法 with 内容安排

首先,本文以北京市人口数量与年龄结构为主要研究目标,基于北京市过去15年的人口数据,建立并界定其参数以改进Leslie矩阵人口模型,从而测算北京市未来的企业职工人口结构。随后,在人口预测模型的基础上建立北京市企业职工基本养老保险的收支预测模型,从而得出未来养老金缺口的预测值及发展趋势。最后,比较所得结果,并探讨相关政策的实践意义。

第一章:引言,阐述本论文的研究背景、研究意义,通过总结政策和经济背景说明养老金缺口相关研究的必要性,同时对研究方法与内容进行简介,确立研究导向。

第二章:文献综述,介绍关于人口预测和养老保险缺口测算的国内外研究现状,阐述了基础的理论知识。在人口预测模型的研究梳理中,主要对比分析了灰色预测法、BP神经网络和Leslie矩阵三种方法的优劣,而在对养老保险收支模

型的介绍中包含了 CGE 模型、ALM 模型以及常见的各类回归方法。

第三章：基于北京市 2004-2018 年的人口数据，计算并界定有关参数，建立 Leslie 人口预测模型，并初步分析 2020-2050 年的测算结果。

第四章：基于北京市的相关数据及第三章建立的 Leslie 人口预测模型，列出北京市企业职工养老金的动态收支方程，进而加入时间成本的考量因素，观察养老金收支差额的预测结果，同时给出简要分析。

第五章：整理以上模型及其所得结论，给出对应政策意见并检验其可行性。

第六章：对整体研究进行总结，并分析其局限性和实践意义。

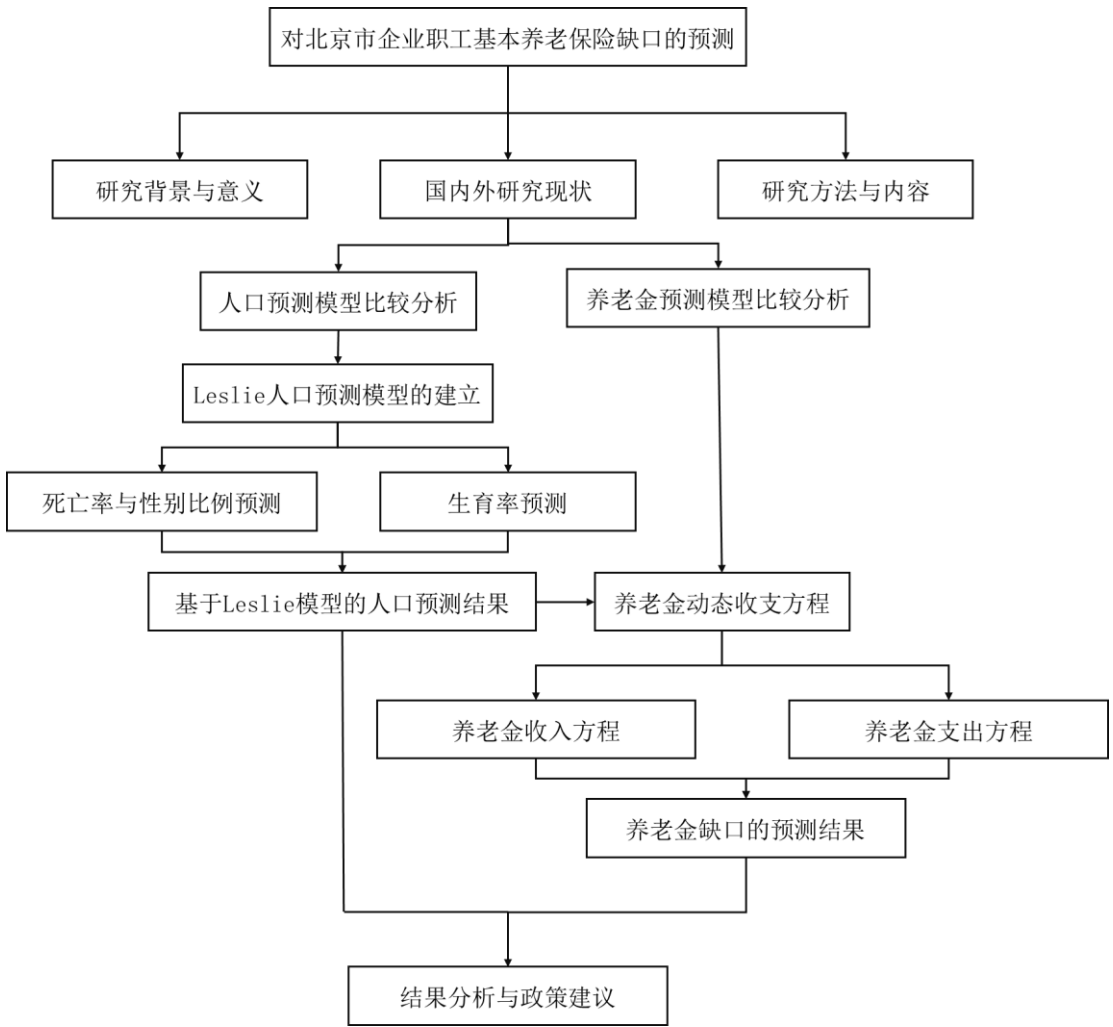


图 1.1 研究技术路线简图

（四）研究创新点

目前的实证研究方面，在近期老龄化的加速影响引起了各界广泛关注后，养老金缺口方才进入学者们的视野，属于贴合时代发展的全新领域。同时，多数研究的层面较为宏观，通常放眼于整个中国养老金缺口的变化规律。而本文选题以北京这一省级地域单位为切入点，且仅考虑企业职工的养老保险收支缺口，一方

面是由于客观上理论知识和技术水平有限,另一方面也是为了避免全国范围内存在过多的干扰性影响因素,使得研究问题深入具体且具有针对性,但也与宏观层面存在一定联系,能为我国整体的养老金缺口预测提供一定的参考作用。

本文聚焦于近年方提出的“养老金缺口”这一概念,结合了适用性广泛的Leslie 人口结构模型与政府收支测算的前沿理论与研究成果,主要采用建立统计模型的方法,以北京市往年具体数据为建模基础,从实证角度进行分析,因而预测结果更具科学性与实践性。同时,本文也在能力范围内量化了相关政策的执行结果,为比较各建议的可行性提供了一定指导。

二、文献综述

（一）人口预测模型综述

人口结构与规模作为反映特定地区基本情况的重要指标，一直以来都是专业学者的研究重点，准确预测人口老龄化程度及规模也是人口研究的内容之一，能够为政府改进养老政策提供数据支撑。^①

目前的研究中已经存在多种对人口进行预测的模型方法，各有其优势和局限所在。例如常见的 Logistic 阻滞模型，能够考虑到客观环境对人数扩大的承受状况，从而避免测算结果的过度增长；但其结果结构单一，在呈现年龄结构方面存在限制。Markov Chain 预测则侧重于随机结果的转移概率，对于历史数据的要求不高；但作为关键的转移概率矩阵反而难以界定和计算。而针对部分研究对于人口年龄结构的结果需求，目前研究的主流模型包括灰色预测模型、BP 神经网络，以及目前应用最广泛的 Leslie 矩阵人口预测模型。

灰色预测模型来源于灰色系统学说，该学说最早由中国学者邓聚龙教授于 1982 年创设。在控制论中，色彩的深度常被作为信息明确程度的衡量标准，而“灰色”即代表明确的信息有限。灰色系统理论顾名思义，其研究对象是以“部分信息已知，部分信息未知”的小型样本，通过对已知信息的分析提取信息，从而实现对整个系统运行规则的准确叙述，进而进行预测，是能够在数据缺失、信息贫乏等条件下进行研究的新方法。^②人口数量与结构受到多方因素的影响，而灰色预测模型通过关联性分析，能够量化不确定因素的影响，从而发掘变量的运行规律与发展趋势(叶知远，罗仁福，2018)。邓世成(2018)通过采用多元线性回归与灰色模型相结合的方式，在弱化回归自变量随机性的同时也增加了各影响因素之间的关联，从而补足未知信息，进一步增加了灰色预测法的精确度。尽管灰色预测模型能够补足未知信息，但张振华(2015)仍认为其仅表现出了人口随时间变化的简单关系，且长时序相比短时序下的灰色模型构架精确程度较低。此外，根据灰色系统理论的定义，只有同时完成准光滑性和准指数双重检验的原始数据才能够作为构建 GM(1, 1) 模型的基础，要求过于严格。^③

BP 神经网络模型则是一种具有记忆、学习和非线性转换能力的智能模型。在确立输入层神经元的指标后，以与目标数据相关的定量指标为输入层，将标准化后的指标数据作为训练值，目标数据为输出层，在一定次数的训练后将需要预测的目标对应的定量指标输入网络，即可得到目标精确度下的预测值。与灰色预测模型不同，它无需借助任何先验公式，而是通过对历史数据的不断学习和自适

^①石贤贤：《北京市人口预测研究综述》，北京，《现代经济信息》2019 年 16 期，第 490-第 493 页。

^②邓聚龙：《灰色系统理论教程》，武汉，华中理工大学出版社，1990 年第一版，第 8 页。

^③邓世成：《基于灰色多元回归模型的重庆市人口老龄化预测》，重庆，贵州商学院学报 2018 年第 31 卷第 3 期，第 73-第 78 页。

应,经过训练逐渐贴合实际情况,从而实现预测。由于研究模型的实际影响因素多呈现出非线性关系,万丽颖(2016)通过将BP神经网络分析与时间序列模型综合,表现出神经网络对表达非线性相关关系,增加测算精确度的良好自适应性。但也因为各随机影响因子的变化性,BP神经网络模型对于人口增长的长期预测结果仍旧存疑(黎育权,2018)。

而Leslie预测模型最早是由科学家Leslie于1945年提出的数学方法,主要是利用某一时刻种群的初始年龄结构预测其年龄结构及数量随时间的变化过程。^①Leslie模型以由生育率、存活率构成的矩阵为基础,因此其预测与分析能够概括年龄、性别比例、城镇化差异等众多人口结构角度,模型参数也可以随政策变化而灵活调整(Wang Ping, Wang Jing, 2018)。例如,在2016年后中国全面实施二孩政策后,叶知远等(2018)、高乐等(2018)以及李琳洁等(2018)均以Leslie人口模型为基础量化预测了该政策的影响。该政策能以各种形式建立为Leslie人口预测模型的影响指标,从而使得测算结果更加合理可靠。

Leslie人口预测模型的灵活性除了体现在参数变动,也反映在其能够结合各类实际需要进行改进。在Brittney Nelson等(2013)对Leslie模型准确性的检验中,除小部分极端年龄群体,典型的Leslie人口模型预测结果准确度普遍高于92%,充分证明原始模型的适用范畴已较为广泛。而在年龄别数据中加入优化模型,如LS-SVM模型,在百分比误差和平均误差方面均能进一步提高投影精度(Shuang Li, Zewei Yang, Hongsheng Li, Guangwen Shu, 2017)。具体到我国生育政策调整的背景下,Jiao Zhang、Dan Chang(2019)通过优化生育率和城镇化参数使得预测结果更加准确合理。而在传统Leslie模型中加入相关的控制变量,也能够有效减少年龄组间生育率的独立性,从而预测整体生育政策的改变对未来人口数量的影响(于美,闫帅,2018)。考虑到该模型对人口数量和性别比例二次预测的误差,姚君等(2014)建立了预测效果优于原始模型的Leslie总体人口预测模型。

通过对比可知,Leslie矩阵相比其他现有人口预测模型,既能够直观反映年龄结构,也充分考虑了各方面影响因素,能根据实际情况从多角度进行改进,更加适合北京这类经济繁、人口密集的大都市。因此在本文的模型建立过程中,我们考虑使用根据真实数据加以改进的Leslie人口模型为基础。

(二) 养老金缺口预测模型综述

中国的养老金体制在不同时期面临的挑战也有所不同。20世纪90年代末,在“统账结合”基本确立后,养老金制度所有未偿付权益的贴现,即“隐性债务”首当其冲成为中国学者需要解决的难题。此后,随着个人账户试点的陆续启动,

^①姜启源,谢金星,叶俊等,《数学模型》,高等教育出版社,2011年第四版,第209页。

制度过渡过程中所需的“转型成本”又成为了研究重点。当时间来到 21 世纪，随着人口结构和政策变革影响了养老资金的可持续性，“养老金缺口”这一概念才进入学者们的视野(齐传钧，2019)。

与前两者不同，养老金缺口的精算定义是指一段时间内养老金制度收支差额的累计现值，与时间跨度、养老金收支规模以及贴现率均存在关联，其测算结果能够直接反映出当前政府的相关政策与养老基金的保值增值计划是否可行。在既有的养老金缺口相关研究中，多为基于宏观背景的中国整体养老金缺口预测。由于不同学者对制度运行参数的判断以及对时间跨度的选择存在差异，具体的量化结果差异较大，但总体趋势的发展大体一致(高庆波，2019)。学者徐晓华(2012)、李杨(2013)等以及 Qing Zhao 和 Haijie Mi(2019)等人都曾对中国养老金缺口进行测算。虽然具体预测数据相较甚远，但却共同反映出中国的累计养老金缺口正逐步扩大，且不可逆转。2005 年，中国政府每年花费在养老金当期赤字上的金额就高达当年 GDP 的 20%，而现金赤字预计还会继续上升(Yvonne Sin, 2005)。Joshua Freedman 和 Zhang Yanxia(2016)也认为，早在 2014 年，中国基本养老保险的紧缺就已经初见端倪，有多达 23 个省的城镇职工养老保险支出高于缴费收入，仅黑龙江的城镇职工养老保险就有扣除中央补贴后近 106 亿元的赤字。如果未来养老金缺口仅由养老基金战略储备完全承担，那么资产将在约 2036 年耗尽，而若想使养老金储备按同步增长率完全覆盖养老金缺口，所需的年增长率将高达 30.5%(Yunshu Tang, Yaoyun Ruan, Yongqing Xu, Yaokuang Li, 2019)。因此，养老金缺口无疑是中国基本养老保险轨制所要面对的最为紧迫和重要的问题之一。

从测算方法的角度来看，现存用于预测养老金缺口的模型种类也较为繁杂。王燕等(2001)认为使用 CGE 模型能够从经济政策分析的角度模拟测算养老金的收支状况，从而对中国养老体系的改革起到指导作用，但 CGE 模型的建立需要充分就业等不现实假设的支持，且考虑因素单一，因此其结果的精确度还需谨慎考量。多阶段的随机规划模型则能够全面考虑市场状况等多方面因素，具有极大的灵活性，能够为我国养老金个人账户管理提供全面的目标模型框架，但其更多侧重于通过动态资产配置规避金融风险(俞慧君，王忠民，2012)。因此，最为常见的还是各类根据研究侧重因素建立的收支方程。Alessandro Milazz, Elena Vigna(2018)认为意大利的养老金缺口的变化模型更多符合随机跳跃过程，因此固定养老金的缴费金额极为关键。而中国养老保险的收支状况更多基于其具体的政策与制度，职工养老保险收入、缴费率、缴费与受益人口等均为中国养老保险收支的主要影响因素，因而延迟退休年龄、改变投资方式等政策是改善养老金赤字的有力措施(刘学良，2014)。除此之外，邸晓东和张园(2019)认为通过加入老年抚养比例、人均 GDP 等控制变量能够有效剔除误导性影响，王瑾等(2019)则根

据男女退休年龄不同,将不同性别的统筹账户征缴收入与支出模型分别计算以减小误差。

在建立养老金缺口预测模型的基础上,针对模型预测结果所提出的政策建议也不容忽视。高庆波(2019)认为,人口老龄化是导致养老金缺口的主要因素,在人均预期寿命增加的情况下,原定法定退休年龄将导致养老金制度的可持续性压力增大,进而导致缺口扩大。因此,提高退休年龄和养老金领取年龄的改革措施效果都十分明显,对于缓解养老金收支缺口,减轻养老保险压力卓有成效(刘学良,2014);但另一方面,提高退休年龄仅能起到一次性作用,其效果将随着人口结构的再次变化逐渐消失,其大幅操作的可行性也是实践难题之一(王燕,徐滇庆,王直,翟凡,2001)。除此之外,提高养老基金的投资收益率也是多数学者赞同的方法之一。刘学良(2014)预测改变养老基金的投资方式能够在一定程度上延迟养老保险累计结余的耗尽年限。在此基础上,齐传钧(2019)认为可进一步进行国有资本的合理划转:结合延迟退休年龄政策,一定比例的国有净资产能够弥补养老金收支的缺口部分,同时其收益率又能确保资本增值部分能够缓解变现压力。该方法的可行性涉及股市、国营企业、资产评估等众多影响因素,目前仍处于探索实施阶段(吕芊芊,2019)。

基于以上研究成果,为了使研究结果更加贴近时事政策及易于实现,本文的养老金收支模型主要将采用建立收支回归方程的方法,全面考虑各方面影响因素,从实证角度进行分析,令研究更具科学性与实践性。同时,本文将根据分析结果探索相关政策建议的可行性,为解决我国养老资金亏空问题提供一定参考。

三、人口预测模型建立及结果分析

(一) 人口预测模型的构建

Leslie 人口预测模型以考虑因素全面、预测结果稳定为主要优势，其一直是各界学者进行人口预测的主流模型。本文人口预测模型参照 Leslie 模型。由于 Leslie 模型主要研究女性个体的数量变化，进而通过性别比例推算总体数量，因此模型均基于总人口中的女性人口建立。

将研究群体中的女性人口按照年龄大小等间隔分成 n 个年龄组，例如每 5 岁一组，同时将时间也按和年龄区间大小相等的时段离散化，例如每 5 年为一个时段，则时段 k 下第 i 年龄组的人口数目记为

$$x_i(k), k = 0, 1, 2, \dots, i = 1, 2, \dots, n$$

同时，在稳定的环境下和不过长的时期中，可合理假设生育率和死亡率仅与年龄组 i 相关，不随时段 k 变化。则第 i 年龄组的生育率，即每个时段内每位女性平均生育女儿的数量记为

$$b_i, i = 1, 2, \dots, n$$

第 i 年龄组的死亡率，即每个时段内死亡的女性人数占总女性人数的比例记为

$$d_i, i = 1, 2, \dots, n$$

记第 i 年龄组的存活率为

$$s_i = 1 - d_i, 0 < s_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, n$$

则根据基本关系可得

$$\begin{cases} x_1(k+1) = \sum_{i=1}^n b_i \times x_i(k), k = 0, 1, 2, \dots \\ x_{i+1}(k+1) = s_i \times x_i(k), k = 0, 1, 2, \dots, i = 1, 2, \dots, n-1 \end{cases}$$

设按年龄分组的女性人口数量在时段 k 的分布向量记为

$$\mathbf{x}(k) = [x_1(k) \ x_2(k) \ \dots \ x_n(k)]^T, k = 0, 1, 2, \dots$$

记 LBS 矩阵为

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & \dots & b_{n-1} & b_n \\ s_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & s_{n-1} & 0 \end{bmatrix}$$

则上述表达式又可写为

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{L} \times \mathbf{x}(k), k = 0, 1, 2, \dots$$

因此，当上述矩阵 \mathbf{L} 和初始年龄分布 $\mathbf{x}(0)$ 已知时，便可以测算女性人数在未来时段 k 的人口年龄结构为

$$\mathbf{x}(k) = \mathbf{L}^k \times \mathbf{x}(0)$$

进而通过性别比例计算得总人口的年龄分布。

（二）数据说明

在本次北京市人口结构测算模型的构建中，主要以 2004-2018 年北京市的相关人口数据作为参考依据，研究和分析北京市人口年龄结构与性别比例的发展趋势。首先，从整体人口的角度梳理，北京市的人口变化规律如下图所示：

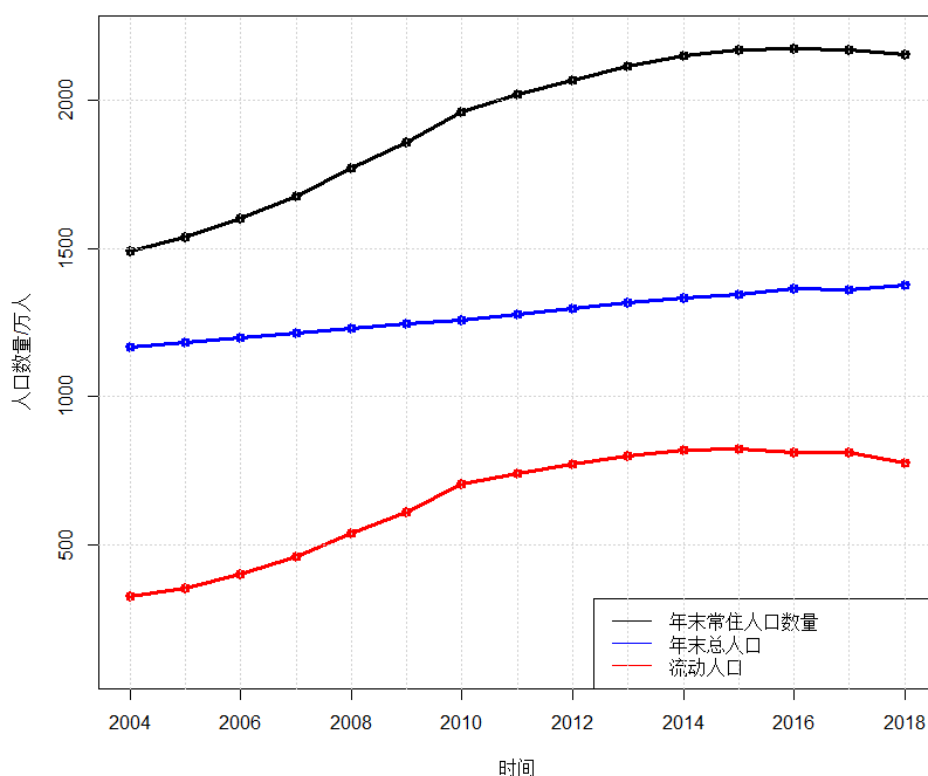


图 3.1 北京市总人口数发展趋势图

数据来源：作者测算。

结合图 3.1 的人口变化趋势，2004 年北京市 1493 万人的常住人口总数中包括 325.24 万人的流动人口。而到 2018 年达到常住人口总数 2154 万人，增加 661 万人，流动人口总数 778.2 万人，增加 452.96 人。^①纵观北京市的人口发展历程，常住人口数在 2011 年就冲破了 2000 万的关卡，总体上呈现出明显的增长趋势，而这波人口增长高峰期主要得益于 2004 年至 2010 年间流动人口随着经济发

^① 北京市统计局：《北京统计年鉴》，北京，中国统计出版社，2005-2019 年，第三章。

展的大量涌入，因此流动人口的增长趋势与年末常住人口基本相同，而年末总人口数的发展趋势相对平缓。2016年后至今，北京市的人口变动相对缓和，表现出稳定的低增长趋势。

其次，基于 Leslie 模型年龄离散化的特性，也对抚养比例的相关数据进行了整体分析。

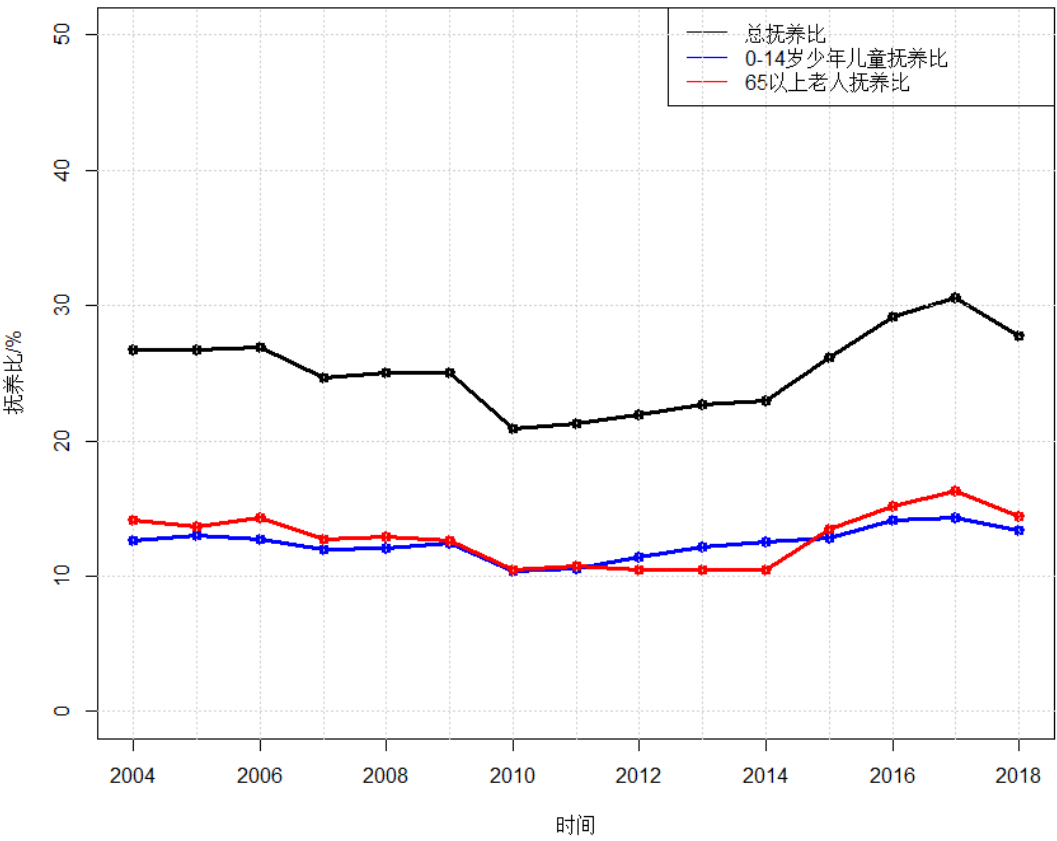


图 3.2 北京市各类抚养比变化趋势图

数据来源：作者测算。

从图 3.2 可以看出，尽管抚养比数据均在 2014 年之前处于合理的较低水平，但此后 65 岁以上老人的抚养比有了明显的增长，从 2014 年的 10.5% 一度增长至 2017 年的 16.3%，而少年儿童抚养比的数据近几年均保持在 14 左右，且有轻微的下降趋势。此外，图示的总抚养比与老年人口抚养比的变化趋势高度吻合，进一步说明老年人口的变化是影响抚养总需求的主导因素。通过以上分析可以看出，北京市未来的少年人口数存在下降的可能，而老年人口也有持续上升的隐患，因此对未来的人口结构进行分析十分必要。

（三）人口预测模型参数设定

1. 模型假设

Leslie 矩阵的应用存在部分条件限制，因此基于现实对模型的部分参数进

行如下假设：

（1）生育政策在预测范围内不变：

我国对于少子予以高度重视，于 2016 年在各地正式推行了鼓励二孩的生育政策。由于调整生育政策的效果需要一定时间后才会显现，且老龄化趋势短时间内难以逆转，因此假设在预测区间内保持该生育政策不变。

（2）各年龄段的生育率和死亡率在预测时间范围内不会产生剧烈变动，即不考虑不可抗力：

基于假设（1），在生育政策环境稳定，生育意愿无明显变动以及无不可抗力干扰因素的情况下，可假设生育率不随时间的变化产生剧烈波动。同时，通过分析 2004-2018 年的北京市人口死亡率，可以观察到其数值始终在 4%-5% 左右来回波动，因此有充分理由假设死亡率在未来不发生明显变化。

（3）不考虑迁入与迁出的影响：

本次建模使用的数据来源于北京市常住人口数，因此包含流动人口，即不属于北京户籍但生活重心位于北京的群体，且根据相关数据，北京市近年来的流动人口数目趋于稳定，因此由于迁入迁出引起的人口基数变化不予考虑。

（4）人口数据基本准确，无错报漏报等：

为了保证预测结果准确，需要确保初始人口结构准确，因此假设人口统计数据均准确，不存在大规模的错报漏报。

（5）按年龄分组的性别比例在预测区间内不会随时间剧烈波动：

根据 2004 年-2018 年北京市的统计数据，整体的性别比例始终在 100% 左右上下波动，而对于出生人口来说，理论上的男女比例也应是 1:1。由于北京市的年龄别性别比例存在大量数据缺失，仅能获得 2010 年和 2000 年人口普查的数据，并基于此进行计算。基于以上事实，假设年龄别性别比例在未来不发生剧烈变化。

2. 生育率参数模型构建

育龄妇女分年龄段的生育率由于缺少相关文献和统计数据难以确定，是本文的难点之一。根据相关数据库的公开资料，仅能给出 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年共计 4 年的数据。^①为了尽可能准确地计算 Leslie 矩阵模型所需的生育率，需要对 2000 年-2018 年的生育率数据进行补足。由于 BP 神经网络能够通过对于已有数据的深度学习发现其规律并进行预测，本文采用 BP 神经网络学习对缺失的生育率数据进行预测填补处理。

根据 BP 神经网络的基本构建步骤，首先选取北京市地区生产总值、人口自然增长率、人口总抚养比、人口出生率以及人均消费水平共计 5 个指标作为预测

^① 国务院人口普查办公室：《中国 2010 年人口普查资料》，北京，中国统计出版社，2010 年第六卷，表 6-4。

生育率的定量指标。分析以上指标与生育率的相关性，结果如下：

表 3.1 定量指标与生育率的相关性分析

		相关性					
		GDP/亿元	人口自然增长率/%	总抚养比/%	人口出生率/%	人均消费水平/元	生育率
GDP/亿元	皮尔逊相关性	1	.731**	.070	.809**	.992**	.923
	Sig. (双尾)		.000	.790	.000	.000	.251
	个案数	20	19	17	19	20	3
人口自然增长率/%	皮尔逊相关性	.731**	1	-.480	.970**	.660**	.992
	Sig. (双尾)	.000		.051	.000	.002	.079
	个案数	19	19	17	19	19	3
总抚养比/%	皮尔逊相关性	.070	-.480	1	-.275	.188	-1.000**
	Sig. (双尾)	.790	.051		.286	.470	.
	个案数	17	17	17	17	17	2
人口出生率/%	皮尔逊相关性	.809**	.970**	-.275	1	.759**	.994
	Sig. (双尾)	.000	.000	.286		.000	.069
	个案数	19	19	17	19	19	3
人均消费水平/元	皮尔逊相关性	.992**	.660**	.188	.759**	1	.917
	Sig. (双尾)	.000	.002	.470	.000		.261
	个案数	20	19	17	19	20	3
生育率	皮尔逊相关性	.923	.992	-1.000**	.994	.917	1
	Sig. (双尾)	.251	.079	.	.069	.261	
	个案数	3	3	2	3	3	3

** 在 0.01 级别（双尾），相关性显著。

数据来源：作者测算。

由上表可以看出，以上指标与的皮尔逊相关系数均在 0.9 以上，说明其与生育率均有相关性，因此可以选用其作为训练样本。具体的 BP 神经网络训练数据表如下：

表 3.2 训练指标数据统计

时间	GDP/亿元	人口自然增长率/%	总抚养比/%	人口出生率/%	人均消费水平/元	实际生育率
2000	3161.66	0.9	28.2	6.2	8820	0.67
2001	3707.96	0.8		6.1	9057	
2002	4315	0.9	28.6	6.6	10882	
2003	5007.21	-0.1	27.8	5.1	12014	
2004	6033.21	0.7	26.7	6.1	13425	
2005	6969.52	1.09	26.7	6.29	14662	0.668
2006	8117.78	1.29	26.9	6.26	16487	
2007	9846.81	3.4	24.7	8.32	18553	
2008	11115	3.42	25	8.17	20113	
2009	12153.03	3.5	25	8.06	22023	
2010	14113.58	3.07	20.9	7.48	24982	0.707
2011	16251.93	4.02	21.3	8.29	27760	
2012	17879.4	4.74	21.9	9.05	30350	
2013	19800.81	4.41	22.7	8.93	33337	
2014	21330.83	4.83	23	9.75	36057	
2015	23014.59	3.01	26.2	7.96	39200	0.684
2016	25669.13	4.12	29.2	9.32	48883	
2017	28014.94	3.76	30.6	9.06	52912	
2018	30319.98	2.66	27.8	8.24	57587	

数据来源：国家统计局，2000-2018 年《中国统计年鉴》，第 2-第 3 章。

由于以上指标的量纲差异，在训练前首先进行预处理，设定每个数列的首尾分别为-1 和 1，从而使得所有数据标准化。在本次 BP 网络的隐蔽层中共设置 6 个中间层神经元，具体的网络结构图示如下：

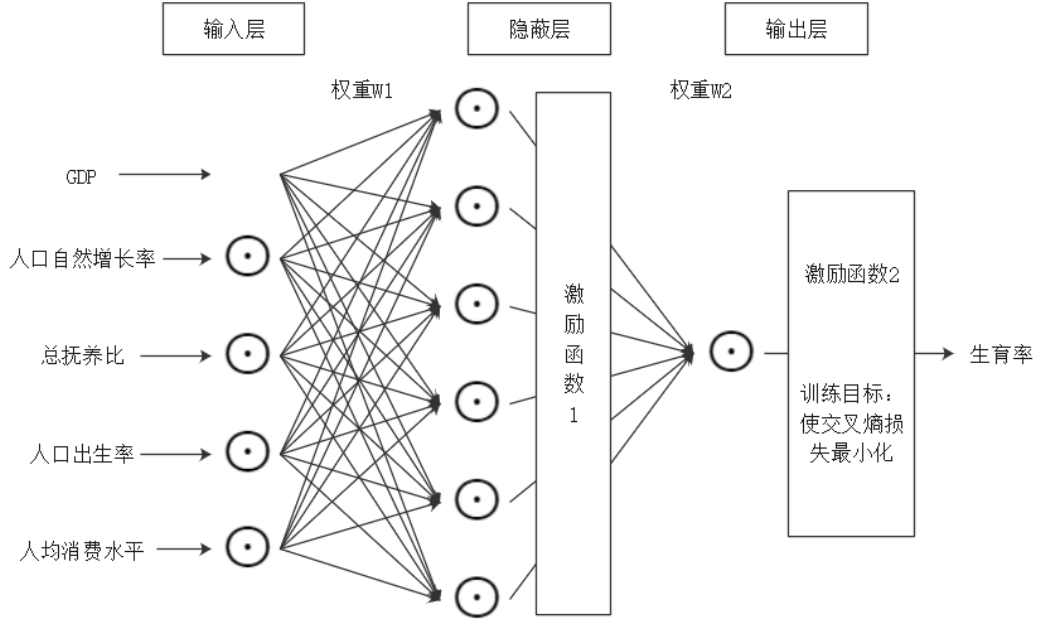


图 3.3 基于以上 5 个统计指标的网络结构图

数据来源：作者测算。

如上图所示，设输入层元素按顺序分别为

$$e_i, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5$$

隐蔽层元素按顺序分别为

$$h_i, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

输入权重分别为

$$\begin{cases} w_{ij}^1, & i = 1, 2, 3, 4, 5, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \\ w_i^2, & i = 1, 2, 3, 4, 5 \end{cases}$$

则连接输入层和隐蔽层的关系如下，其中 b_i 为不定常数：

$$h_j = \sum_{i=1}^5 (e_i \times w_{ij}^1 + b_i), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

在得到中间元素后，通过使用常见的 tansig 和 logsig 激励函数分别对隐层和输出层进行匹配，网络即构建完成。本次 BP 神经网络训练基于 Matlab (R2018b) 软件实现，设定迭代次数为 5000 次，期望误差为 0.0000001，完成训练后的结果如下图所示：

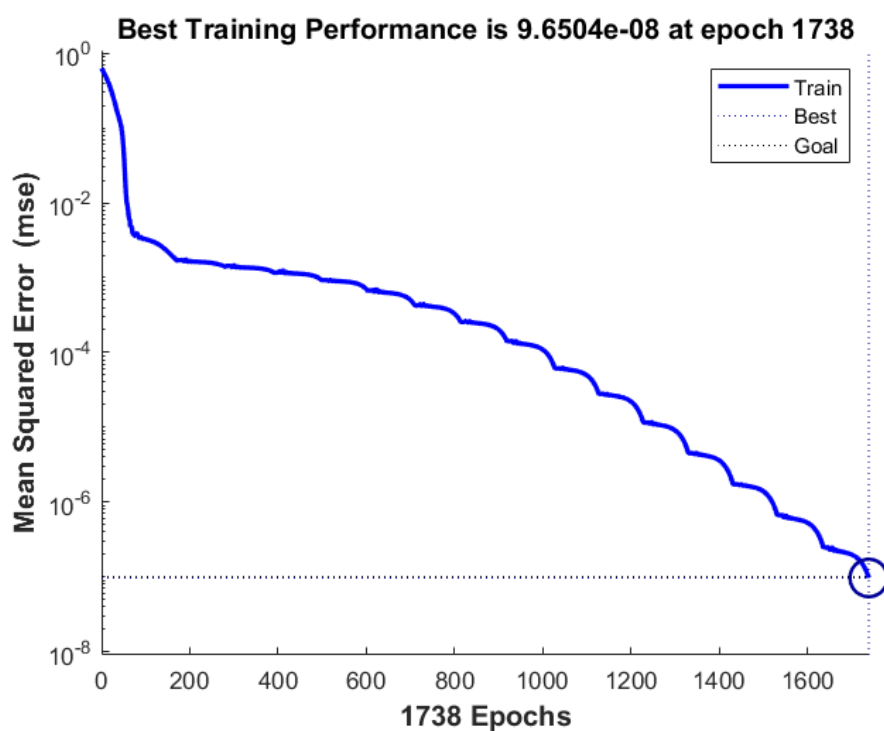


图 3.4 训练性能曲线

数据来源：作者测算。

如上图所示, BP 人工神经网络经过了 1738 次周期训练后可收敛到目标误差, 从而达成训练目标, 进而预测缺失部分的生育率。测算值与现实值的误差对比如下图所示:

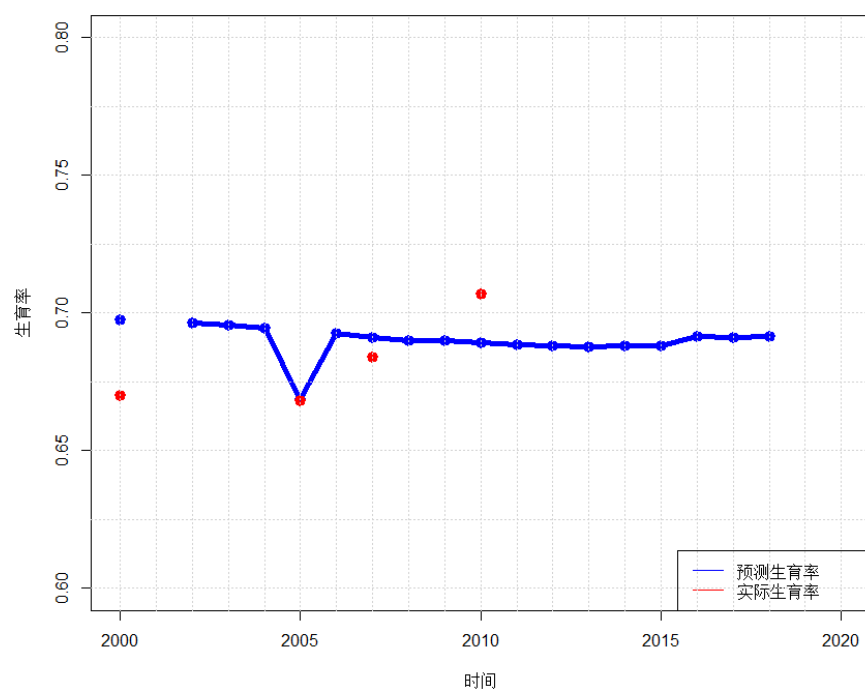


图 3.5 生育率现实值与预测值误差对比图

数据来源：作者测算。

可以看到，BP 神经网络拟合出的缺失数据基本符合真实值，为后续的模型建立提供了一定的有力支撑。同时，可以使用以上估计的总和生育率与该年龄段育龄妇女数与总育龄妇女人数占比的乘积，得到各年度的年龄别生育率。为了获得 Leslie 矩阵模型所需的稳定生育率，考虑使用 2016 年-2018 年近三年的生育率数据进行加权处理，即

$$b_t(i) = 0.5 \times b_{t-1}(i) + 0.3 \times b_{t-2}(i) + 0.2 \times b_{t-3}(i)$$

经过以上计算，各年龄段的生育率最终趋于稳定，具体数值如下表所示：

表 3.3 育龄女性在各年龄组的生育率

年龄段（岁）	生育率
15-19	0.027796
20-24	0.085755
25-29	0.139146
30-34	0.13048
35-39	0.114708
40-44	0.091985
45-49	0.101471

数据来源：作者测算。

在 BP 人工神经网络预测的基础上，还应考虑 2016 年正式实施的二孩政策对于未来生育率的影响，即子女数目为 1 的育龄女性是否有继续生育的想法。根据对北京市孕妇二孩生育意愿的调查，20-30 岁育龄女性的生育意愿换算为百分比约为 0.697，31-40 岁育龄女性约为 0.769，41 岁及以上育龄女性约为 0.714。^①结合表三以及 2010 年子女数目为 1 的育龄女性在各年龄组所占比率^②，最终可得到 LBS 矩阵中未来的年龄别生育率如下表所示：

表 3.4 考虑二孩政策后分年龄段的育龄女性生育率

年龄段（岁）	生育率
15-19	0.027927
20-24	0.090843
25-29	0.152138
30-34	0.149705
35-39	0.133718
40-44	0.106508
45-49	0.112752

数据来源：作者测算。

3. 其余参数模型构建

^①徐帅，石婧瑜等：《北京市孕妇二孩生育意愿及其影响因素调查》，北京，《中国妇幼保健》2019 年第 10 期，第 2372-2376 页。

^②叶知远，罗仁福：《“全面二孩”政策下的北京人口预测》，北京，《中国市场》2018 年第 3 期，第 87-89 页。

除生育率外，Leslie 矩阵的构造还需要确定分年龄段的存活率及性别比例。由于有效数据的缺失和死亡率与性别比例的稳定性，在方法上采用与处理年龄别生育率相同的方式，分年龄段的死亡率等于 2000 年和 2010 年对应的死亡率加权，即

$$d(i) = 0.6 \times d_{2010}(i) + 0.4 \times d_{2000}(i)$$

预测所得的死亡率分布趋势如下图所示，可以看到高死亡率主要分布于 70 岁及以上的老年人口，预测结果较为合理。

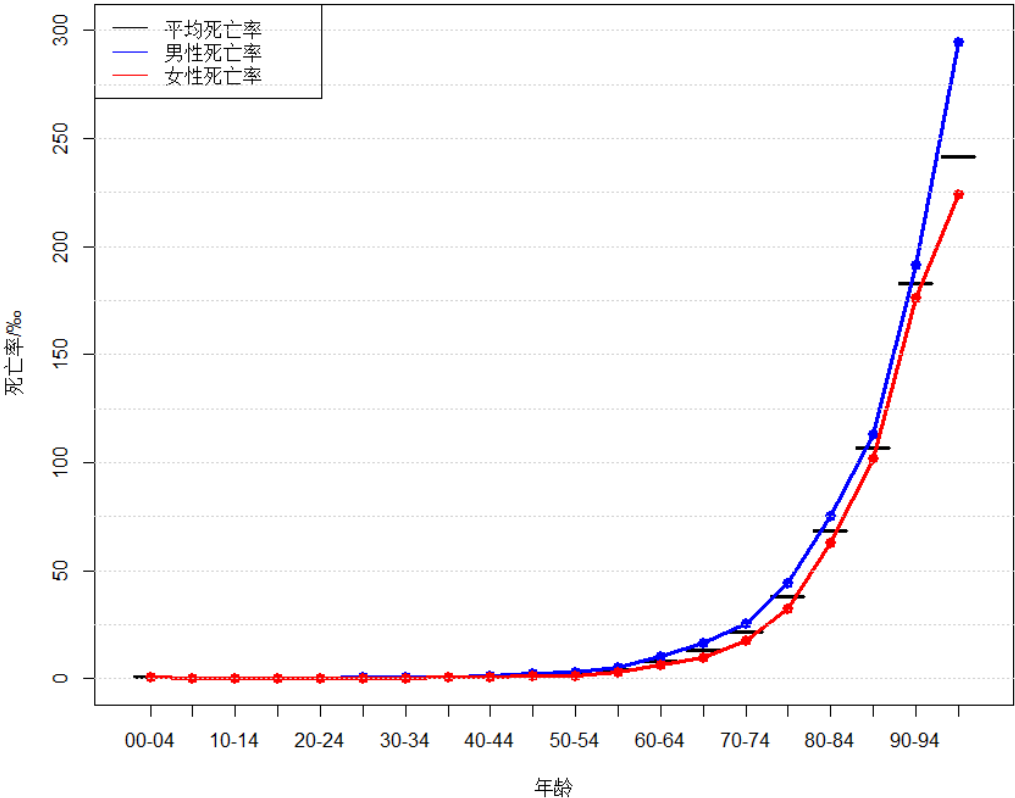


图 3.6 北京市预测分年龄段的死亡率

数据来源：作者测算。

同理，年龄别性别比例等于 2000 年和 2010 年对应的性别比例加权，即

$$w(i) = 0.7 \times w_{2010}(i) + 0.3 \times w_{2000}(i)$$

4. Leslie 人口预测模型构建

Leslie 人口预测模型是基于生育率、存活率、性别比例三大要素构成的模型，为了使得模型更加符合现实情况，通常会将人口年龄离散化。该模型按照相等的年龄间隔将人口分为 20 个组别，每个时段时长 5 年，具体如下：

表 3.5 年龄段分组

组别	年龄段（岁）		组别	年龄段（岁）
1	0-4		11	50-54
2	5-9		12	55-59
3	10-14		13	60-64
4	15-19		14	65-69
5	20-24		15	70-74
6	25-29		16	75-79
7	30-34		17	80-84
8	35-39		18	85-89
9	40-44		19	90-94
10	45-49		20	95-99

数据来源：作者测算。

基于上表各年龄段的组别，作出如下定义：

第 i 年龄段的女性人口在第 k 时段的数量为

$$x_i(k), \quad k = 0, 1, 2, \dots, i = 1, 2, \dots, 20$$

其中 $k=0$ 时表示初始阶段，即 2010 年的女性人口年龄别数据。

考虑生育政策改变后第 i 年龄段的育龄女性的生育率为

$$b_i, \quad i = 1, 2, \dots, 20$$

第 i 年龄段的女性死亡率为

$$d_i, \quad i = 1, 2, \dots, 20$$

第 i 年龄段的女性存活率为

$$s_i = 1 - d_i, \quad i = 1, 2, \dots, 20$$

第 i 年龄段的男女性别比例为

$$w_i, \quad i = 1, 2, \dots, 20$$

以上定义的具体数据根据前文的统计与参数预测如下表所示：

表 3.6 Leslie 人口预测模型相关数据表

年龄	组别	$x_i(0)$	d_i	s_i	w_i	b_i
0-4	1	329254	0.6078	0.9994	110.8531	0.0000
5-9	2	233732	0.1304	0.9999	110.8004	0.0000
10-14	3	238952	0.1956	0.9998	107.9937	0.0000
15-19	4	597099	0.1457	0.9999	110.6267	0.0279
20-24	5	1255297	0.1545	0.9998	107.6811	0.0908
25-29	6	1146446	0.2479	0.9998	104.7822	0.1521
30-34	7	843045	0.2810	0.9997	108.6074	0.1497
35-39	8	817267	0.4837	0.9995	111.4579	0.1337
40-44	9	757949	0.6880	0.9993	112.5090	0.1065
45-49	10	758199	1.1278	0.9989	108.4152	0.1128
50-54	11	659349	1.5627	0.9984	102.5418	0.0000
55-59	12	589134	2.8390	0.9972	96.2432	0.0000
60-64	13	369782	6.2168	0.9938	92.1735	0.0000
65-69	14	268340	9.8923	0.9901	89.4535	0.0000
70-74	15	269550	17.8775	0.9821	91.7286	0.0000
75-79	16	191713	32.4011	0.9676	94.2951	0.0000
80-84	17	99856	61.6075	0.9384	91.5343	0.0000
85-89	18	41333	101.6438	0.8984	80.8901	0.0000
90-94	19	11392	212.1133	0.7879	67.7844	0.0000
95-99	20	2510	285.8566	0.7141	48.7792	0.0000
≥100		406	486.4532	0.5135	57.0690	0.0000
总计		9480605	3.7283	0.9963	105.2327	

数据来源：作者测算。

以上定义满足以下两组基本关系，即

$$\begin{cases} x_1(k+1) = \sum_{i=1}^{20} b_i \times x_i(k), \quad k = 0, 1, 2, \dots \\ x_{i+1}(k+1) = s_i \times x_i(k), \quad k = 0, 1, 2, \dots, i = 1, 2, \dots, 19 \end{cases}$$

按年龄分组的女性人口在时段 k 的分布向量记为：

$$\mathbf{x}(k) = [x_1(k) \quad x_2(k) \quad \dots \quad x_{20}(k)]^T, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

记 LBS 矩阵为：

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & \dots & b_{19} & b_{20} \\ s_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & s_{19} & 0 \end{bmatrix}$$

则上述基本关系又可写为：

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{L} \times \mathbf{x}(k), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

根据以上数据得到 \mathbf{L} 矩阵的具体构成，再利用 Leslie 模型进行迭代，即可计算出以 5 年为周期的北京市人口年龄结构。

（四）结果预测及分析

由 Matlab(R2018b)模拟 Leslie 矩阵的运行过程，预测出的 2020 年-2050 年的具体人口结构数据如下：

表 3.7 2010 年-2050 年的人口年龄结构

时间	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
0-4	149.3982	135.3402	114.0134	97.67763	85.52475	76.46835	80.62251
5-9	148.9117	149.2712	135.2252	113.9166	97.59463	85.45208	76.40337
10-14	68.43482	146.9143	147.269	133.4114	112.3886	96.28557	84.30589
15-19	49.21543	69.28728	148.7444	149.1035	135.0732	113.7885	97.48496
20-24	49.61093	48.5223	68.31147	146.6495	147.0036	133.1709	112.186
25-29	122.2386	48.90865	47.83544	67.34448	144.5736	144.9226	131.2858
30-34	261.7595	124.497	49.81227	48.71923	68.58871	147.2447	147.6002
35-39	242.3039	265.2567	126.1603	50.47778	49.37014	69.50508	149.2119
40-44	179.0114	243.3865	266.4419	126.724	50.70333	49.59073	69.81565
45-49	170.1265	175.44	238.5308	261.1262	124.1958	49.69176	48.60137
50-54	153.2401	165.1503	170.3083	231.5537	253.4882	120.5631	48.23827
55-59	148.3899	148.2372	159.7585	164.7481	223.994	245.2123	116.6269
60-64	126.1525	144.9057	144.7566	156.0073	160.8798	218.7346	239.4548
65-69	110.6109	123.5958	141.9691	141.8229	152.8457	157.6194	214.3017
70-74	69.76068	110.831	123.8418	142.2516	142.1051	153.1498	157.933
75-79	50.69697	69.42907	110.3042	123.2531	141.5754	141.4296	152.4218
80-84	49.06112	48.35736	66.225	105.2138	117.5651	135.0418	134.9028
85-89	31.48837	43.48042	42.85671	58.6919	93.24569	104.1921	119.6808
90-94	14.12484	26.23957	36.23266	35.71292	48.90854	77.70256	86.82427
95-99	4.352913	9.868366	18.33236	25.31407	24.95095	34.17012	54.28715
≥100	1.006748	3.281612	7.43965	13.82056	19.08399	18.81024	25.76047
总计	2199.896	2300.201	2364.369	2393.54	2393.659	2372.746	2347.95

数据来源：作者测算。

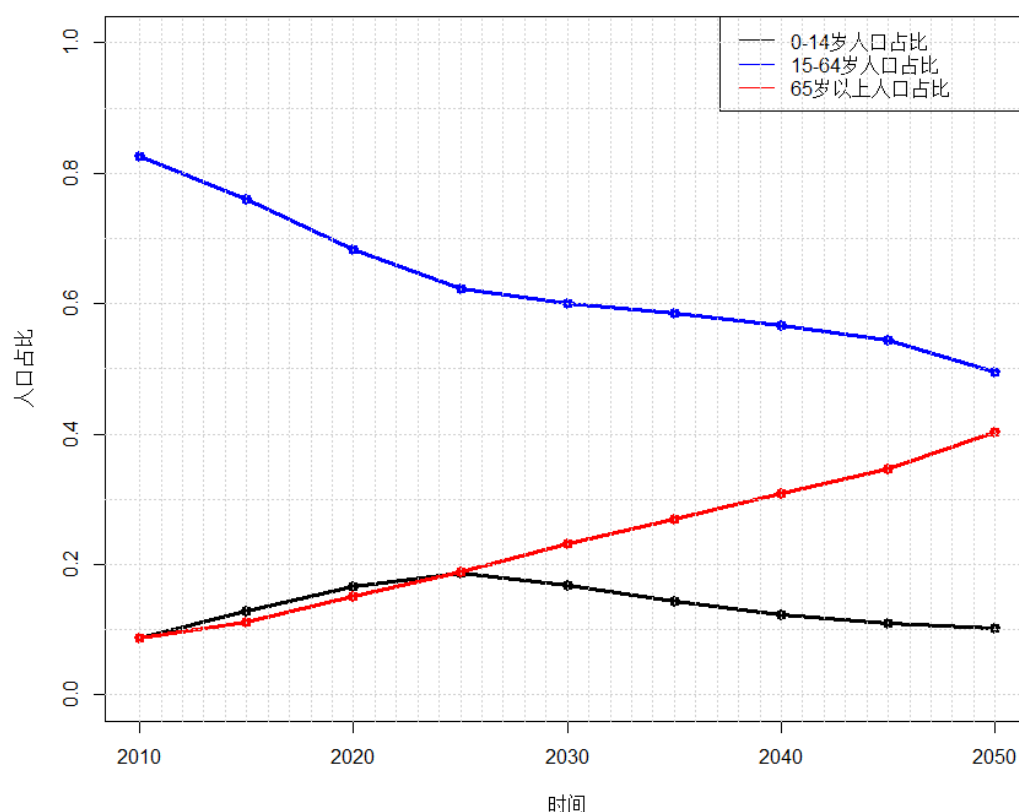


图 3.7 2010-2050 年各年龄段人口占比

数据来源：作者测算。

从上述表格和比例分析图可以看出，未来北京市的总人口数的变化趋势先增后减，在 2035-2040 年达到约 2400 万人的顶峰，此后缓慢回落，这也基本符合部分学者对于北京市人口达到峰值时间的预测。

年龄结构方面，由于短期内生育意愿的增加会拉低劳动人口的占比，增加其抚养负担，因此在 2025 年之前劳动人口都处于快速走低趋势。鼓励生育的二孩政策大约在 2030 年后体现了生育率提升的良好效果，劳动人口占比的下降趋势有了明显减缓，2025 年-2050 年间仅下降了不到 10%。但相对地，65 岁以上的老年人口呈现出惊人的发展趋势，其占比在 2050 年甚至达到了 40%左右，与劳动人口的数量不相上下。该趋势一方面反映了老龄化的加剧，另一方面也证明“全面二孩”政策的实施在长期并不能够有效地遏制劳动力人口的下降趋势，亟需其余辅佐政策的出台。

四、企业职工养老金缺口预测模型及结果分析

（一）模型背景

养老保险体制根据我国的就业制度差异主要划分为：用人单位和个人缴纳的城镇职工基本养老保险、国家全额拨款的机关事业单位职工养老保险以及国家补贴与个人缴纳相结合的城乡居民养老保险三部分。

在以上三类养老保险体制中，城乡居民养老保险的特征最为明显。城乡居民养老保险属于基础福利待遇，与社会救助、社会福利等其他社会保障政策相配套，目的是保障参保城乡居民的老年基本生活。因此，其参保范围仅限于无正式工作且身处户籍地的城乡居民，而通过对比国家统计局相关数据，其缴费档次和资金相比基本养老保险也均处于几乎可以忽略的低水平。综合以上因素，该类养老保险的资金收支在测算中不予考虑。

根据国家统计局的官方数计算，中国的机关事业单位职工参与养老保险人数在过去的近 20 年间一直保持着仅 10%左右的占总参保人数比例，而北京市某年的数据更是显示机关事业单位工作人员仅占职工总人数的 7.2%。机关事业单位由于其特殊性，本身职工人数占比就相当少，因此相对支付压力较弱。此外，国家宣布自 2014 年 10 月起，事业单位职工养老保险应当与城镇员工的养老保险实施并轨，由原本的政府包办更改为单位和个人共同缴费，使得待遇水平与缴费相关联，建立了“多缴多得”、“长缴多得”的激励机制。根据预计，目前虽然无法使二者轨制立即趋同，但已经处于“老人老办法，新人新制度，中人逐步过渡”的衔接阶段，差距必然会逐步缩小，因此有理由相信未来二者的养老金制度会走向一致。此外，为了实现平稳并轨，可以考虑适当降低机关事业单位的养老金替代率，以及普遍性提高公务员的工资水平，便于改革推行。考虑以上因素，以及机关事业单位改革后养老金制度具体数据的空缺，本研究未能将机关事业单位职工的养老保险纳入计算范围。

综上所述，未来的支付压力主要来源于城镇职工基本养老保险制度。因此本研究仅考虑城镇企业员工的养老金缺口。^①除此之外，为了确保本模型的稳定建立，还需要以部分假设条件为基础。例如，为了保证国内生产总值、社会平均工资等数据的变化规律，需要假设政策与经济环境在测算区间内不发生明显变化；能够大幅延长寿命的医疗技术、自然灾害等不可抗力在测算中也不予考虑。更加具体的条件会在界定参数时进行说明。

（二）养老金收支预测模型构建

^①齐传钧：《养老保险降费后养老金缺口预测 及中长期应对措施》，湖北，华中科技大学学报，2019 年第三期，第 19-25 页。

1. 养老保险收入模型

根据基本养老保险收入来源的构成要素，其收入方程为：

$$income_t = P_t^{work} \times r_c \times (pay_i + pay_c) \times wage_t + GDP_t \times r_f \times r_s$$

其中： $income_t$ 代表 t 时段的养老保险基金收入，

P_t^{work} 代表 t 时段北京市劳动年龄的城镇企业职工人数，即 15-59 岁的男性和 15-49 岁的女性人数总和。该数值可参考前文构建的 Leslie 矩阵模型，计算对应年龄段的人数总和即可。

r_c 代表养老保险覆盖率。根据 2004-2010 年的相关数据，北京市的养老保险覆盖率自 2004 年的 30%左右上升至 2018 年的 78%。^①结合该增长趋势、未来政策环境的稳定以及相关专家的预言，初步设定未来北京市的养老保险覆盖率可达到 80%。

pay_i 代表养老保险的个人缴纳费率， pay_c 代表单位统筹费率，根据政策其具体数值分别为 8%和 16%。

$wage_t$ 代表北京市企业职工在时段 t 的年平均工资，具体预测方式见下文。

GDP_t 代表 t 时段北京市的 GDP，具体预测方式见下文。

r_f 代表地方社会保障和就业的财政支出占 GDP 的百分比， r_s 则代表养老保险补贴占财政支出的比例。根据相关数据分析，财政支出占比一直在 2.8%左右上下浮动，因此根据近三年数据加权处理，最终得到地方社会保障和就业的财政支出占北京市 GDP 的百分比趋近于 2.7877034%。而基本养老保险补贴占地方相关财政支出的财政比例由于缺乏相关数据，初步设定为 35%。

由于预测当年的地方生产总值以及社会平均工资始终在随时间变化，因此有必要建立以上 2 个因素关于时间的预测模型。令北京市 GDP 为 Y1（单位亿元），北京市企业职工平均工资为 Y2（单位元），可以做出如下的走势图：

^① 国家统计局：年末城镇职工基本养老保险，北京，分省年度数据，公共管理、社会保障及其他。

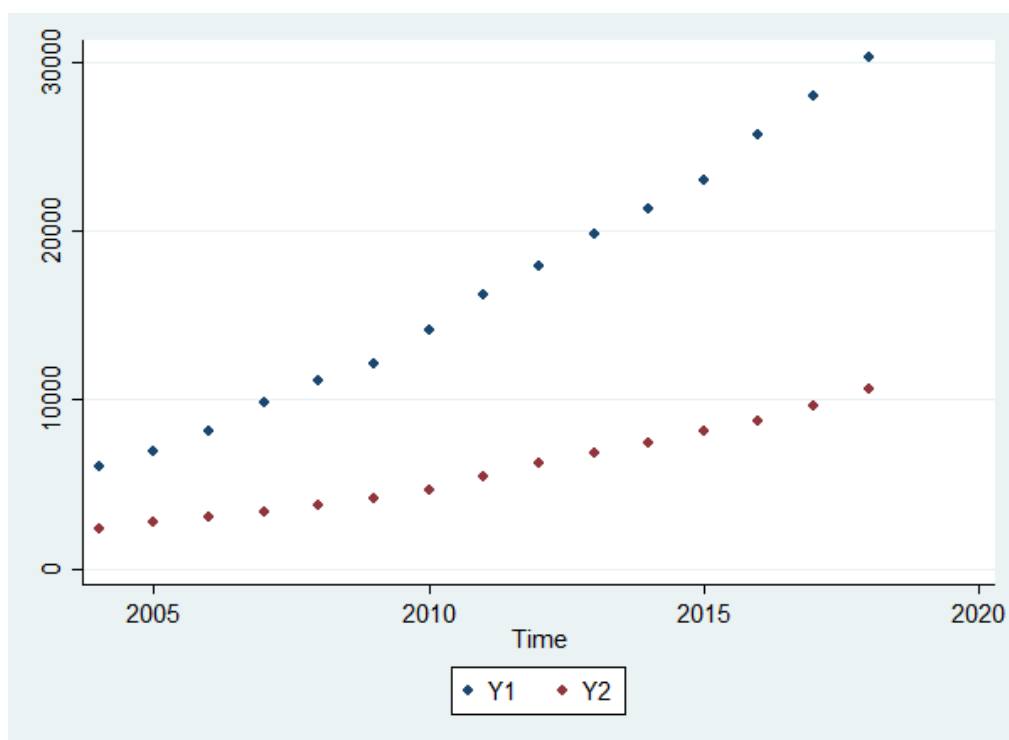


图 4.1 北京市 GDP 与社会年均薪资的发展走势图

数据来源：作者测算。

可以看到，两个变量均有较为明显的指数型增长趋势，因此尝试使用 StataMP (14.0) 建立指数化模型。又因为 2011 年前的数据量级较小，为了避免在预测区间内出现难以控制的大幅增加，以 2012-2018 年的数据为样本进行回归，结果如下图所示：

表 4.1 Y1 和 Y2 关于时间的回归结果

Linear regression

Number of obs	=	7
F(1, 5)	=	5178.22
Prob > F	=	0.0000
R-squared	=	0.9980
Root MSE	=	.00936

lnY1	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Number	.087987	.0012227	71.96	0.000	.0848439	.0911301
_cons	9.706591	.0066463	1460.46	0.000	9.689506	9.723676

. reg lnY2 Number,vce(robust)

Linear regression

Number of obs	=	7
F(1, 5)	=	4406.02
Prob > F	=	0.0000
R-squared	=	0.9987
Root MSE	=	.00731

lnY2	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Number	.0871363	.0013127	66.38	0.000	.0837618	.0905108
_cons	8.651868	.0055706	1553.14	0.000	8.637548	8.666187

数据来源：作者测算。

即：

$$\ln Y_1 = 0.087987 \times (Year - 2011) + 9.706591$$

$$\ln Y_2 = 0.081363 \times (Year - 2011) + 8.651868$$

可以看到度量两个回归结果拟合优度的确定系数均大于 0.99，接近于 1，误差标准差均小于 0.01，因此认为本次拟合结果合理。化简后可知，北京市 GDP 及职工平均工资的平均增长速率均为 9%左右，这也基本符合部分国内学者对中国经济增长速度的预测。最终获得的结果如下图所示：

表 4.2 北京市养老保险收入预测

时间	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
男性在职人口数 (万人)	638.9690656	594.9369774	581.8183001	560.9359759	502.655116	429.4041186	418.7051085
女性在职人口数 (万人)	512.8787481	463.9729027	450.2411555	406.4386414	345.1880254	339.5483322	361.9026232
养老保险覆盖率	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
个人费率	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
统筹费率	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
社会平均工资 (元)	149078.7547	229376.1431	352923.6285	543016.7491	835498.5781	1285518.127	1977928.984
GDP (万元)	356873123.9	549093537.3	844848469.9	1299904094	2000063578	3077345733	4734877862
财政支出占比	0.027877034	0.027877034	0.027877034	0.027877034	0.027877034	0.027877034	0.027877034
养老金补贴占比	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
养老保险收入 (亿元)	3853.45132	5519.381855	8348.598739	12196.4677	17314.4062	24950.02692	36436.47786

数据来源：作者测算。

2. 养老保险支出模型

根据有关定义，其支出方程为：

$$expense_t = P_t^{retire} \times r_c \times i_r \times wage_t$$

其中， $expense_t$ 代表 t 时段的北京市企业员工的养老保险支出，

P_t^{retire} 代表北京市处于离退休阶段的人口数量，包括 60 岁以上的男性人口和 50 岁以上的女性人口，其预测结果同理能够由 Leslie 人口预测模型获得。

i_r 代表北京市的平均养老金替代率，即退休金的领取标准与退休前收入标准之比。由于北京市人均养老金的长期数据难以获得，仅能得知 2016 年-2018 年的人均养老金分别为 3355 元、3770 元以及 3980 元。结合社会平均工资可以得出近三年的养老金替代率分别为 0.382841548、0.392902738 以及 0.375746418，波动幅度较小。因此，北京市未来的养老金替代率预测值为近三年的数值按照 0.4、0.3、0.3 比例进行加权，最终结果为 0.382284485。

$wage_t$ 代表职工的年平均薪酬水平，根据上述预测结果，以每年 9%左右的幅度增加。

最终预测结果如下表所示：

表 4.3 北京市养老保险支出预测

时间	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
男性离休人口数 (万人)	288.5150285	344.8616326	401.7608708	454.7387147	528.6369879	602.0627028	602.9913761
女性离休人口数 (万人)	392.7884198	464.9033513	534.0410106	626.4213394	721.67068	743.5248235	723.0187355
养老保险覆盖率	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
社会平均工资 (元)	149078.7547	229376.1431	352923.6285	543016.7491	835498.5781	1285518.127	1977928.984
养老金替代率	0.382284485	0.382284485	0.382284485	0.382284485	0.382284485	0.382284485	0.382284485
养老保险支出 (亿元)	2774.428763	5170.48005	9254.801778	16612.97764	29140.72903	48173.4095	76751.16329

数据来源：作者测算。

（三）企业职工养老保险收支缺口结果预测

基于以上分析，北京市企业员工的养老保险动态收支方程即为：

$$balance_t = balance_{t-1} \times (1 + r_{investment}) + income_t - expense_t$$

其中，

$balance_t$ 若大于 0，则代表 t 时段北京市企业职工养老保险的累计结余，反之则代表养老金的赤字。

$r_{investment}$ 代表养老保险资金的投资收益率，根据 2019 年的最新数据，中国养老基金的年投资收益率约为 9.6%。

而根据定义，养老金缺口等于预测时间内养老金收支差额的累计现值，因此以 9.6%的投资收益率进行贴现，得到最终的养老金缺口预测结果如下：

表 4.4 北京市养老金缺口测算结果

时间	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
养老金收入 (亿元)	3853.45132	5519.381855	8348.598739	12196.4677	17314.4062	24950.02692	36436.47786
养老金支出 (亿元)	2774.428763	5170.48005	9254.801778	16612.97764	29140.72903	48173.4095	76751.16329
当期缺口 (亿元)	1079.022557	348.9018049	-906.2030393	-4416.509945	-11826.32283	-23223.38258	-40314.68543
缺口现值 (亿元)	1079.022557	220.6228271	-362.3430811	-1116.659848	-1890.769756	-2347.802837	-2577.191267

本表来源：作者测算。

以上的预测结果以 5 年为一个时间段，其中缺口现值的贴现率以 2019 年中国养老保险基金的投资收益率为准，约为 9.6%。年均养老金缺口估计情况如下：

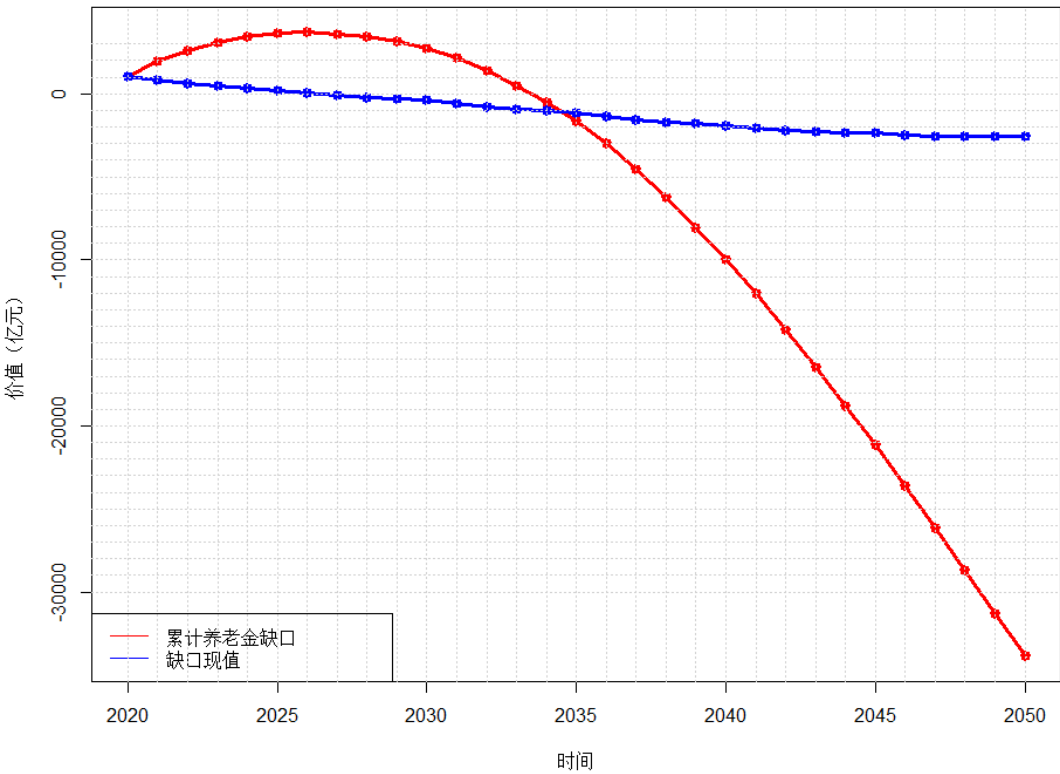


图 4.2 北京市年均养老金缺口测算结果

数据来源：作者测算。

如图所示，北京市养老金结余持续的走低趋势十分明显。按照平均数据分析，若无其余补贴，北京市的养老基金约在 2027 年之后出现收不抵支的情况，且赤字规模此后逐渐扩大，2050 年的当期缺口高达 40314 亿元。将养老金当期结余贴现到 2020 年末并加总，现值累计价值将在 2026 年左右达到峰值，此后持续下降，在 2034 年左右产生赤字，并在 2050 年扩大缺口至 33861.97 亿元。

五、主要结论及政策建议

（一）主要结论

通过以上对北京市未来人口年龄结构发展和养老金收支情况的预测，可以得出如下结论：

（1）根据 Leslie 模型对北京市人口的预测，未来北京市的总人口数在 2020 年-2035 年增加至约 2400 万人，在 2035 年-2050 年发生了小幅度的回落，预测数据整体合理，符合部分学者对于北京市人口达到峰值时间的预测。

（2）根据 Leslie 模型对未来北京市人口结构的测算结果，二孩政策能够有效提高生育率，并在约 15 年后发挥作用，但其并不能成为遏制北京市老龄化发展的唯一武器。一方面，由于老年人口的增加和二孩政策效果的滞后性，劳动人口比例的预测结果在 2025 年之前一直处于快速走低的状态。二孩政策大约在 2030 年后体现出生育率提升的良好效果，劳动年龄人数占比的下降趋势在此之后有了明显缓和，速度约为之前下降的 50%。另一方面，65 岁以上群体仍然在持续扩大，其占比由 2020 年的 10% 左右增加至 2050 年的 40% 左右，存在赶超工作年龄人口，增加在职人群供养负担的隐患。

（3）根据北京市企业员工的养老保险收支预测方程，若保持现有制度和缴费比例不变，到 2020 年底，北京市所需的养老金储备资金将高达约 3.4 万亿元。而相关统计显示，2018 年年底养老金累计结余为 5298.1846 亿元，基于此进行合理估计，养老金储备的需求将远远超过 2020 年底的养老金结余。

（二）基于模型结论的政策建议

基于以上主要结论，可考虑施行如下政策：

（1）推迟退休年龄：

推迟退休年龄是目前最为合理也最易实现的举措之一，在增加缴费劳动人口的同时能够有效减少离休人员的总体占比，从而缩小养老金的收支差距。为了完善社会保障制度体系，《人力资源和社会保障事业发展“十三五”规划纲要》已经拟制定出台渐进式延迟退休年龄方案，预计 2020 年女性的退休年龄将提高 1 岁。

根据以上政策，可通过改变养老金收支预测模型中职工的退休年龄来分析该政策的具体影响。假设 2018 年起，女性工人的退休年龄每 3 年延后 1 岁，男性工人的退休年龄每 6 年延后 1 岁，直到 2045 年二者的退休年龄均到达 65 岁。由于按年龄计算的职工人口数量缺乏统计数据，为方便模拟，假设每个年龄区间内的人口数量按照年龄呈均匀分布。

代入以上模型后得出的养老金缺口发展情况如下：

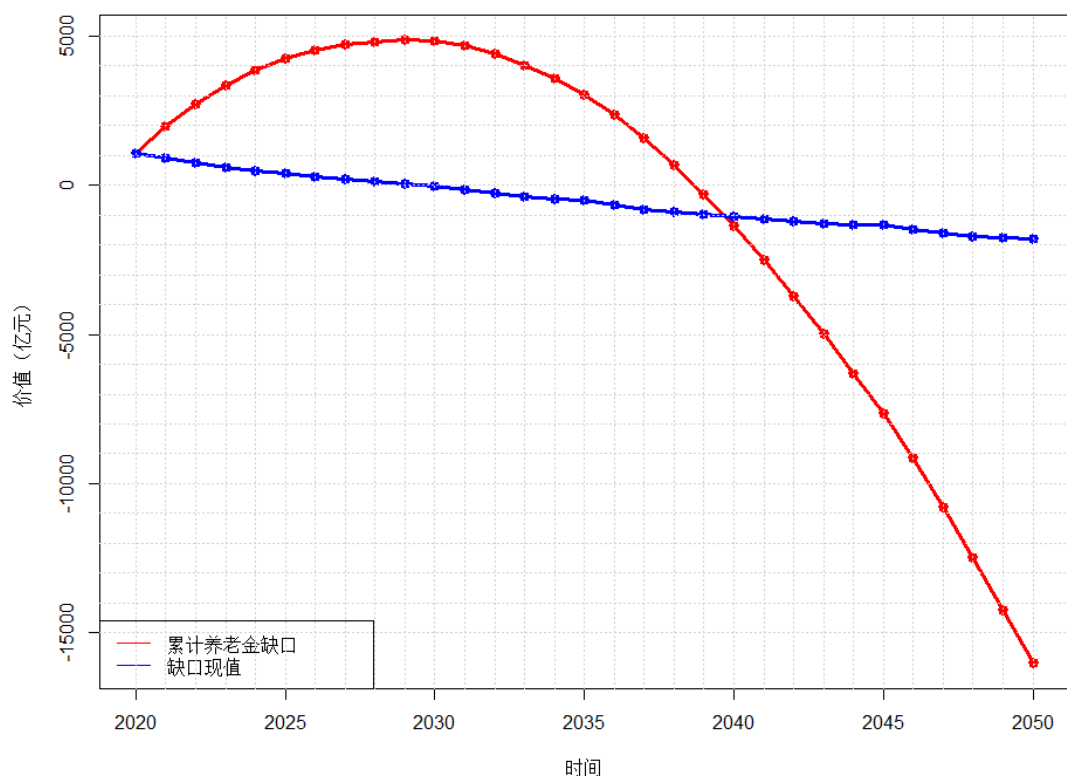


图 4.3 新退休政策下养老金缺口的测算结果

数据来源：作者测算。

可以看出，调整退休年龄对于降低养老金收支差额起到了良好的效果。在上述结果的基准情形中，自 2034 年起企业职工养老保险在贴现后的累计结余就将由正转负并不断扩大，到 2050 年其当期缺口高达 40314 亿元。而在提高退休年龄的方案实施后，养老金结余直到 2045 年才耗尽，在 2050 年的当期缺口比政策实施前降低了约 30%，而贴现后的累计养老金结余仅约 16021.40 亿元，是基准情形的 47.3%。因此，合理提高退休年龄是目前十分强有力的措施之一，在缓解养老金收支缺口的扩大，减轻缴费人口的负担方面卓有成效。

(2) 加大调整生育政策力度：

在基准模型的建立过程中，“全面二孩”政策的效果已经被纳入其中，并对扩大劳动人口数量产生了一定作用。但考虑到生育意愿与落实之间的差距、年轻一代由于就业压力不断推迟的退休年龄以及政策宣传的不到位，生育政策仍然存在可上升空间。因此，政府可以考虑在未来扩大鼓励生育政策的宣传规模，同时拨取部分资金落实育龄女性的福利。

由于以上政策带来的影响缺乏相关的人口调查，难以量化，因此不考虑改进基准模型进行模拟。但根据基准模型进行计算，若不考虑“全面二孩”政策带来的生育意愿提高的影响，未来的人口总数预测年均将减少超过 500 万人口。新增人口的减少将使得工作年龄的人口缴费负担加重，进而扩大养老金缺口，因此有

充分理由认为生育政策的力度调整将对养老保险的资金收支产生可持续的长期影响。

(3) 调整养老储备金投资方式：

根据全国社保基金的相关理财数据，养老保险基金存在银行账户中的数额超过 90%，因此基金的主要投资收益都来源于 1 年期的存款利率计息，很明显低于日益扩大的养老资产需求。因此，如果能够改变养老基金投资方式，提高投资回报率，可以在一定程度上弥补养老金不断扩大的累计赤字。

参考相关数据可以得知，2019 年中国的养老基金投资收益率约为 9.6%，截至 2019 年的年均投资收益率仅为 2.56%，而同期全国社保基金投资收益率高达 15.5%，年均收益率达到 9.17%，约为养老保险基金的 3.58 倍。假设未来的养老保险年收益率可以由目前的 9.6% 达到 15.5%，代入基准模型进行改进的结果如下：

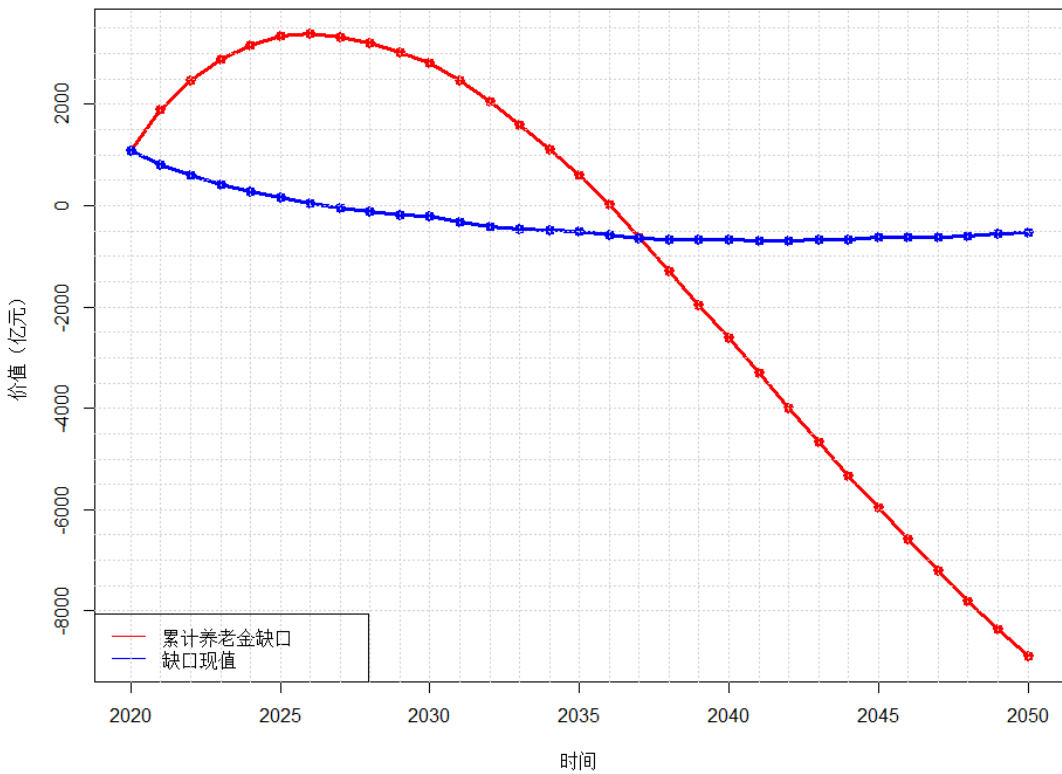


图 4.3 新投资回报率下北京市年金养老金缺口预测结果

数据来源：作者测算。

可以看出，虽然养老金产生当期赤字的年限并未延后，但投资收益率的增加对遏制养老金缺口未来的扩大趋势起到了显著作用。养老金缺口的累计现值在 15.5% 的贴现率下直到 2037 年才出现赤字，且到 2050 年的缺口值仅为 8897.28 亿元，约为基准情形下的 26%。这充分证明如果将北京市乃至全国的养老保险基金进行合理化的投资，而不是将绝大部分资金封存在银行定期存款中，能够产生

的可持续收益将有效缓解未来老龄化带来的窘境，这类政策的持续特征是其成为比单方面的财政支出更加有效的优势。

除此之外，根据近两年的养老保险扩张情况来看，其百分比相较初期并未有较大涨幅，因此养老保险覆盖率上升空间不大，不考虑调整养老保险覆盖率。其次，无论是提高在职人口缴费率，还是降低养老金替代率，本质上都是与现有政策和人民生活水平相违背的，前者会加重在职者的压力，使得就业变得更加困难，而后者毫无疑问会降低离休人口的生活水平，因此大幅调整费率和养老金并非可行的政策。

六、研究结果及展望

（一）研究结果

为了顺应经济形势，实现人民福利，减轻单位及个人对于养老体制的缴费义务势在必行。但随着未来社会老龄化的加剧，现有养老金政策无法满足资金的可持续性，养老金账户的缺口日益扩大。本文以 Leslie 人口预测模型以及养老金动态收支方程为基础，预测并分析了北京市未来的人口结构及养老金缺口的发展趋势，进而提出部分建议方案并就其可行性进行验证。结合政策模拟结果可以看出，实施延迟退休年龄政策、进一步提高育龄女性的生育意愿及考虑收益更加持续客观的养老基金投资方式均能够在中长期为缓解养老金赤字做出贡献。

本文拟在使理论联系实际，结合近 15-20 年来的北京市人口数据、地区生产总值、平均工资与收入水平等数据，通过合理界定模型参数的方式，对北京市企业职工未来的年龄结构做出了较为精确客观的测算，进而阐述了未来的养老金缺口发展情况。在此预测数据的基础上方能够量化各类政策建议，进而探讨其弥补养老金缺口的可行性。

（二）研究局限和推广性

鉴于本人的专业知识和技能有限，因此只是从参数的界定方面进行了尽可能准确的改良，构建的模型仍然基于传统 Leslie 矩阵和简单的收入支出方程，对比其余学者更加深入的研究结果和改进模型仍存在缺陷。本文阐述的观点较为片面，数据也不够全面，可能存在有未考虑周全的其余影响因素，同时参数存在部分的约束性和单一性。此外，本文对于政策的建议过于笼统，例如对于投资建议仅仅计算了提高投资收益率的优势，但并未对具体的投资方式进行说明。

养老金缺口的发展是每个地区乃至全国面临的最紧迫的养老保险问题之一，它与在职人口及离退休人口的生活水平和经济压力都息息相关。希望本文中对于北京市的老龄化趋势预测和养老金缺口预测结果具有一定的可操作性和实际意义，能够对其余地方省市以及国家层面的数据分析起到一定参考作用，也希望能够出现更加深入的、具有指导意义的养老金缺口预测和政策规划研究结果，使得职工阶层真正做到无压力就业，离休人群真正享受老有所依。

参考文献

一、中文部分

- [1] 叶知远, 罗仁福:《“全面二孩”政策下的北京人口预测》, 北京,《中国市场》2018 年第 3 期, 第 87-第 89 页。
- [2] 邓世成:《基于灰色多元回归模型的重庆市人口老龄化预测》, 贵州,《贵州商学院学报》2018 年第 3 期, 第 73-第 78 页。
- [3] 张振华:《基于灰色 GM(1,1)模型的城市人口老龄化预测》, 湖北,《统计与决策》2015 年第 19 期, 第 76-第 79 页。
- [4] 万丽颖:《基于神经网络和时间序列的河南省老年人口系数的预测》, 河南,《平顶山学院学报》2016 年第 2 期, 第 26-第 29 页。
- [5] 黎育权:《基于 BP 神经网络的多因素人口增长预测》, 北京,《电子技术与软件工程》2018 年第 10 期, 第 169 页。
- [6] 高乐, 杨铭等:《二孩政策下的 Leslie 人口模型》, 湖北,《中国高新区》2018 年第 7 期, 第 34 页。
- [7] 李琳洁, 朱家明等:《基于 Leslie 模型对全面二孩政策下的人口预测》, 湖北,《现代商贸工业》2018 年第 13 期, 第 134-第 135 页。
- [8] 于美, 闫帅:《基于一种改进 Leslie 人口预测模型的西安市人口预测与分析》, 陕西,《高等数学研究》2018 年第 1 期, 第 95-第 99 页。
- [9] 姚君, 蔡吉花等:《改进的 Leslie 离散型人口模型在黑龙江省人口预测中的应用》, 黑龙江,《高师理科学刊》2014 年第 4 期, 第 22-第 24 页。
- [10] 齐传钧:《养老保险降费后养老金缺口预测及中长期应对措施》, 湖北,《华中科技大学学报(社会科学版)》2019 年第 3 期, 第 19-第 25 页。
- [11] 高庆波:《城镇职工“新人”养老金缺口探讨》, 湖北,《社会保障研究》2019 年第 2 期, 第 30-第 39 页。
- [12] 徐晓华:《中国基本养老保险金缺口的宏观控制》, 天津,《南开学报(哲学社会科学版)》2012 年第 5 期, 第 105-第 112 页。
- [13] 李杨等:《中国国家资产负债表 2013——理论、方法与风险评估》, 北京, 中国社会科学出版社, 2013 年版, 第 213-第 258 页。
- [14] 王燕, 徐滇庆等:《中国养老金隐性债务、转轨成本、改革方式及其影响——可计算一般均衡分析》, 北京,《经济研究》2001 年第 5 期, 第 3-第 12 页。
- [15] 俞慧君, 王忠民:《中国个人养老金账户基金的资产负债管理研究》, 山西,《经济问题》2012 年第 5 期, 第 60-第 64 页。
- [16] 刘学良:《中国养老保险的收支缺口和可持续性研究》, 北京,《中国工业经济》2014 年第 9 期, 第 25-第 37 页。
- [17] 邸晓东, 张园:《新型城镇化对养老金收支的影响分析》, 湖南,《经济数学》2019 年第 3 期, 第 79-第 83 页。
- [18] 王瑾, 王杰等:《我国城镇职工养老保险金收支测算研究》, 河北,《中小企业管理与科技(下旬刊)》2019 年第 6 期, 第 107-第 108 页。

- [19] 吕芊芊:《划转国有资本以弥补养老金缺口的可行性研究》,黑龙江,《现代经济信息》2019年第9期,第137页。

二、英文部分

- [1] Wang Ping and Wang Jing, “Study on Population Structure Change and Policy Development Based on Leslie Model”, *Humanities and Social Sciences*, Vol. 6, No. 1, 2018, p. 12-18.
- [2] Brittney Nelson, Denise T. Reid, Antonija Tangar and Jose A. Velez-Marulanda, “Leslie Matrices and Women Population in the United States of America”, *Georgia Journal of Science*, Vol. 71, No. 2, 2013, p.158-166.
- [3] Shuang Li, Zewei Yang, Hongsheng Li, Guangwen Shu, “Projection of population structure in China using least squares support vector machine in conjunction with a Leslie matrix model”, *Journal of Forecasting*, 2017, p.1-10.
- [4] Jiao Zhang and Dan Chang, “Leslie Model-based Population Forecast of Henan Province under the Universal Two-child Policy”, *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, Vol 311, No. 1, 2019, p.134-140.
- [5] Qing Zhao and Haijie Mi, “Evaluation on the Sustainability of Urban Public Pension System in China”, *Sustainability*, 2019, 11, 1418.
- [6] Yvonne Sin, “China: Pension Liabilities and Reform Options for Old Age Insurance”, *The World Bank :Working Papers on Human Development Sector Unit East Asia and Pacific Region*, No. 2005-1.
- [7] Joshua Freedman and Zhang Yanxia, “China’s Pension Paradoxes: Challenges to Creating an Equitable and Stable Pension Scheme”, *China: An International Journal*, Vol.14, No. 3, 2016, p.153-166.
- [8] Yunshu Tang, Yaoyun Ruan, Yongqing Xu, Yaokuang Li, “Feedback analysis of population, economy and pension: Moderate scale of China’s pension strategic reserve”, *Physica A*, 2020, 124043.
- [9] Alessandro Milazzo and Elena Vigna, “The Italian Pension Gap: A Stochastic Optimal Control Approach”, *Risks*, 2018, 6, 48.

附录一 外文译文两篇

译文一 Leslie 矩阵与美国女性人口预测

Brittney Nelson, Denise T. Reid, Antonija Tangar and Jose A.

Velez-Marulanda

王秋缘 译

介绍

托马斯·马尔萨斯(Thomas Malthus)在《论人口原理》(Essay on the Principle of Population)一书中,首次提供了影响长期人口预测的相关变量及其科学解释。这种开创性的工作促使《1800年人口普查法》(Census Act 1800)的通过,这也是英国进行每十年一次的人口普查的开端。在任何的模型预测中,首先需要考虑的是人口规模的大小。首个维度的复杂性来源于所观察到物种的年龄和性别。在人口统计学中,人口动态的一个关键维度是男性人口和女性人口之间的区别。更细致地说,人口增长基本完全与女性的生育率相关。因此,即便仅仅通过观察女性人口以及这个子群体的增长,也有可能预测人口增长的趋势。

方法和数据

1945年,莱斯利(P. H. Leslie)构建了一个矩阵,作为预测不同物种数量的方法。Leslie 矩阵需要三个不同类别的数据,这些数据被划分为等间隔的年龄组:每个年龄组的女性人口的存活率 s_i ,每个年龄组的女性人口的生育率 F_i ,以及每个年龄组的初始女性人口数 p_i 。矩阵的维数为 $n \times n$,其中 n 为该种群的年龄组的个数。数据的分布和计算如下:生育数据占据矩阵的第一行,存活率占据第一行以外的对角线。为了预测人口数据,可使用 Leslie 矩阵的 t 次幂乘以初始人口向量 x_0 ,其中 t 为初始年和最终年之间的年数差额,即

$$x_t = L^t x_0$$

其中矩阵 L 是如下的矩阵

$$L = \begin{bmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & \cdots & F_{n-2} & F_{n-1} \\ s_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & s_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & s_{n-2} & 0 \end{bmatrix}$$

对于所有的 $1 \leq i \leq n$,给出如下关系: $l_i = s_0 s_1 \cdots s_{i-1}$,以及 $m_i = F_{i-1}/s_{i-1}$,即 l_i 是从出生起活到年龄 i 的女性人数比例,以及 m_i 代表年龄 i 的女性平均生育女儿的数量。如果 λ 是一个复杂的矩阵的特征值,那么 λ 满足离散的欧拉-洛特卡方程(Euler-Lotka equation)

$$\mathbf{1} = \sum_{i=1}^n \lambda^{-i} l_i m_i$$

更加详细的资料见参考文献(2)，(3)和(4)。

我们使用基于人口普查的 2000 年的人口数据(见(5))，并且使用 Leslie 矩阵模型预测了该群体的人口在接下来以五年为间隔的两个连续时段中的数量，该矩阵来源于(6)中的生育率的存活率。为了检验和比较 Leslie 矩阵的有效性，我们也使用了另一组(7)中提供的模拟数据，它使用了往年的预测模型以及修正过的数据来预测人口。此外，我们还分析了分别使用两种数据的 Leslie 矩阵的光谱(即矩阵特征值的集合)，以便达成我们的目标：比较模型预测结果与佩伦-弗罗贝尼乌斯定理(Perron-Frobenius Theorem)的结论(见例(3))。佩伦-弗罗贝尼乌斯定理(Perron-Frobenius Theorem)宣称，任何有非负真条目的矩阵都有且仅有一个真特征值。我们利用 MATHEMATICA 8 软件得到了 Leslie 矩阵及其特征值和对每组数据的相应预测。

结果

表 1 中根据生育率和存活率建立的 Leslie 矩阵对 2010 年美国女性人口的预测值与(5)中提供的女性人口数据的对比如图 1 所示。为了更好地比较实际值和预测值，图 2 呈现了每个年龄组对应的百分比误差来显示数据的偏离度。而如表 2 所示，(7)中列出的模拟数据结果更好。这些数据由于经过修正，更加符合预期的测算结果，所以提高了准确性。在图 3 和图 4 中，分别给出了对应于两组数据的 Leslie 矩阵的复特征值。我们可以看到，在分别对应表 1 和表 2 中数据的 Leslie 矩阵当中，两个矩阵的实特征值大于使用其他数据的矩阵特征值，这个结论也满足了佩伦-弗罗贝尼乌斯定理(Perron-Frobenius Theorem)。然而，从表 2 数据中得到的 Leslie 矩阵对应的特征值的大小非常相似，如图 4 所示；而从表 1 中得到的 Leslie 矩阵的特征值则显著不同，如图 3 所示。

讨论

基于我们的研究结果，我们认为 Leslie 矩阵的预测对于 0 岁到 10 岁的年龄组以及 85 岁以上的年龄组是不准确的，但是对于其他年龄组是可靠的。我们计算的百分比误差为这一结论提供了数据支持，它显示在以上年龄组中最大的预测误差仅为 8%，而在极端情况下，该数据远远超过 50%。此外，通过特征值的表现，我们可以看出现有的数据并不足以准确地预测总体。在以上这些年龄组中，我们认为这是由于 0 岁到 10 岁和 60 岁以上年龄组的生育率数据不准确造成的。虽然这些比率的偏差可能非常小，但它们绝不是微不足道的，甚至导致了预测与准确数据的极端误差。(7)中使用的模拟数据给出了更准确的预测，从而得出结论，对于 10 岁以下的年龄组，并不是所有的数据都是真实并且/或者可用的。当对这些年龄组的数据进行处理时，结果更接近于真实值，这与表 2 中的数据是一致的。此外，我们已经得出结论，为了使用人工修正的数据提供更好的预测，可用的数据信息必须按照如下方式进行处理，即对应的 Leslie 矩阵具有复特征值，且其大小与唯一最大的真实特征值的大小非常接近。

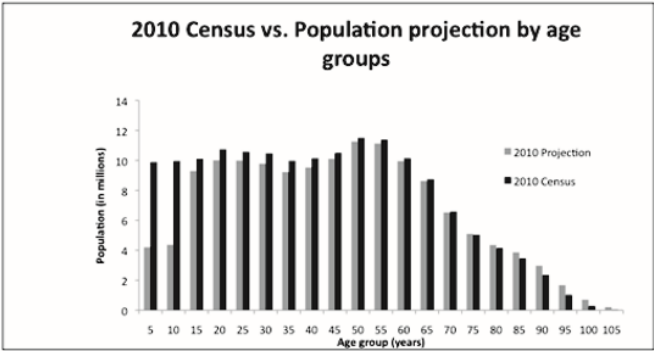


图 1：实际值与预计值的比较。

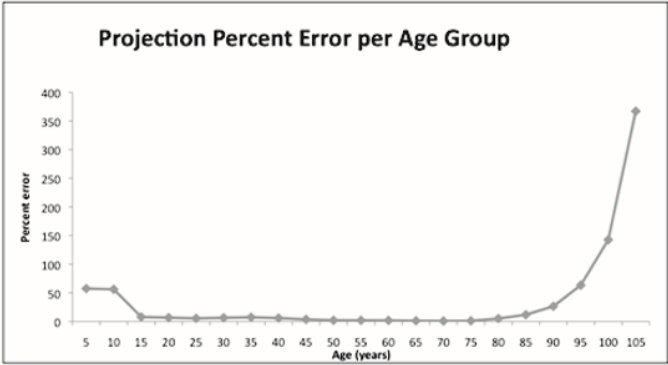


图 2：实际值与预测值之间的误差。

Age Group	Fertility rates F_t	Survival rates s_t	Actual Population	Estimated Population					Actual Population
			2005	2005	2010	2015	2020	2010	2010
5	0	0.993164	9.36507	4.39275	4.19878	4.11921	4.13708	9.88194	
10	0.000001	0.998622	10.0262	9.30105	4.36273	4.17008	4.09105	9.95902	
15	0.00005	0.99927	10.0079	10.0124	9.28823	4.35671	4.16433	10.0973	
20	0.0009	0.998303	9.82889	10.0006	10.0051	9.28145	4.35353	10.7367	
25	0.0485	0.996493	9.27619	9.81221	9.9836	9.98812	9.2657	10.5718	
30	0.1123	0.997464	9.58258	9.24366	9.77779	9.94859	9.9531	10.4663	
35	0.1214	0.996375	10.1886	9.55827	9.22021	9.753	9.92336	9.9656	
40	0.0941	0.995024	11.388	10.1517	9.52363	9.18679	9.71764	10.1376	
45	0.0404	0.993177	11.3128	11.3313	10.1012	9.47624	9.14108	10.497	
50	0.0079	0.990092	10.2029	11.2356	11.254	10.0323	9.41158	11.4995	
55	0.0005	0.984612	8.97782	10.1018	11.1243	11.1425	9.93285	11.3649	
60	0.0005	0.975703	6.96051	8.83967	9.94636	10.9531	10.971	10.1412	
65	0.0003	0.960272	5.66882	6.79139	8.6249	9.70469	10.6869	8.74042	
70	0.0002	0.936197	5.13318	5.44361	6.52158	8.28225	9.31915	6.58272	
75	0.0001	0.905493	4.95453	4.80567	5.09629	6.10548	7.75381	5.03419	
80	0.00001	0.860207	4.37136	4.48629	4.3515	4.61466	5.52847	4.13541	
85	0	0.789186	3.11047	3.76027	3.85914	3.74319	3.96956	3.44895	
90	0	0.681708	1.91332	2.45474	2.96755	3.04558	2.95407	2.34659	
95	0	0.537671	0.830206	1.30432	1.67342	2.02301	2.0762	1.02398	
100	0	0.462403	0.228669	0.446378	0.701297	0.899747	1.08771	0.288981	
105	0	0.236645	0.040397	0.105737	0.206406	0.324282	0.416046	0.044202	

表 1：使用来自(6)的数据的结果。

			Actual Population	Estimated Population				Actual Population
Age Group	Fertility rates F_i	Survival rates s_i	2005	2005	2010	2015	2020	2010
5	0	0.993164	9.36507	9.15632	9.59477	9.61736	9.02188	9.88194
10	0	0.998622	10.0262	9.30105	9.09373	9.52918	9.55161	9.95902
15	0.0009	0.99927	10.0079	10.0124	9.28823	9.0812	9.51605	10.0973
20	0.0477	0.998303	9.82889	10.0006	10.0051	9.28145	9.07457	10.7367

25	0.1097	0.996493	9.27619	9.81221	9.9836	9.98812	9.2657	10.5718
30	0.1135	0.997464	9.58258	9.24366	9.77779	9.94859	9.9531	10.4663
35	0.0912	0.996375	10.1886	9.55827	9.22021	9.753	9.92336	9.9656
40	0.0397	0.995024	11.388	10.1517	9.52363	9.18679	9.71764	10.1376
45	0.008	0.993177	11.3128	11.3313	10.1012	9.47624	9.14108	10.497
50	0.5	0.990092	10.2029	11.2356	11.254	10.0323	9.41158	11.4995
55	0	0.984612	8.97782	10.1018	11.1243	11.1425	9.93285	11.3649
60	0	0.975703	6.96051	8.83967	9.94636	10.9531	10.971	10.1412
65	0	0.960272	5.66882	6.79139	8.6249	9.70469	10.6869	8.74042
70	0	0.936197	5.13318	5.44361	6.52158	8.28225	9.31915	6.58272
75	0	0.905493	4.95453	4.80567	5.09629	6.10548	7.75381	5.03419
80	0	0.860207	4.37136	4.48629	4.3515	4.61466	5.52847	4.13541
85	0	0.789186	3.11047	3.76027	3.85914	3.74319	3.96956	3.44895
90	0	0.681708	1.91332	2.45474	2.96755	3.04558	2.95407	2.34659
95	0	0.537671	0.830206	1.30432	1.67342	2.02301	2.0762	1.02398
100	0	0.462403	0.228669	0.446378	0.701297	0.899747	1.08771	0.288981
105	0	0.236645	0.040397	0.105737	0.206406	0.324282	0.416046	0.044202

表 2：使用来自(7)的数据的结果。

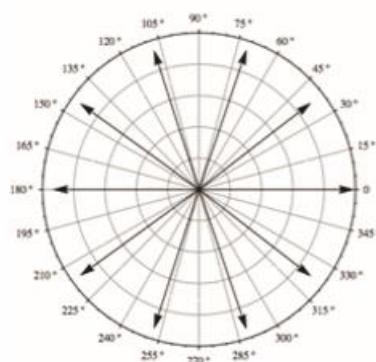


图 3：Leslie 矩阵的特征值对应于表 1 中的生育率和存活率。

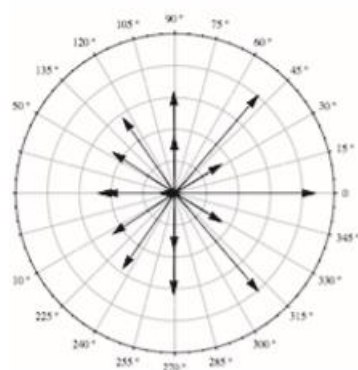


图 4：Leslie 矩阵的特征值对应于表 2 中的生育率和存活率。

LESLIE MATRICES AND WOMEN POPULATION IN THE UNITED STATES OF AMERICA

Brittney Nelson, Denise T. Reid, Antonija Tangar and Jose

A. Velez-Marulanda 2013

INTRODUCTION

In “Essay on the Principle of Population,” Thomas Malthus was the first one to offer a scientific explanation and variables influencing long-term population projections (1). Such pioneering work prompted passing of Census Act 1800, the first national census in Britain that has been collected every decade since. In any projection, dimensions of population are the first to be considered. The first complex dimension accounts for age and sex of the species observed. In demography, a key dimension of population dynamics is the distinction between men and women. To clarify, the population growth almost completely correlates to the fertility rates of females. Thus, just by observing female population and the growth within this subgroup, it is possible to predict population growth.

METHODS AND DATA

In 1945, P. H. Leslie constructed a matrix as a means to project population of different species. The Leslie matrix requires three different categories of data divided into equal age groups: survival rates for each age group of females s_i , fertility rates for each age group of female population F_i , and the initial female population for each age group p_i . The matrix is of dimension $n \times n$, where n is number of age groups. Data is distributed and calculated as follows: fertility data occupies the first row of the matrix while survival rates occupy the first sub-diagonal. To project population data, the t -th power of the Leslie matrix is multiplied by the initial population vector x_0 , where t is the number of years between the initial and final year, i.e.,

$$x_t = L^t x_0$$

Where L is the matrix

$$L = \begin{bmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & \cdots & F_{n-2} & F_{n-1} \\ s_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & s_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & s_{n-2} & 0 \end{bmatrix}$$

For all $1 \leq i \leq n$, let $l_i = s_0 s_1 \cdots s_{i-1}$, and $m_i = F_{i-1}/s_{i-1}$, i.e., l_i is the fraction of females surviving from birth to age i and m_i is the number of females born, on average, to a female of age i . If λ is a complex eigenvalue of the matrix L , then λ satisfies the discrete Euler-Lotka equation

$$\mathbf{1} = \sum_{i=1}^n \lambda^{-i} l_i m_i$$

For further information, see (2), (3) and (4).

We used Census-based data for the year 2000 (see (5)) and applied the Leslie matrix model to project population for the next two consecutive 5-year intervals by using fertility and survival rates from (6). To compare the effectiveness of the Leslie matrix, we also used simulated data provided in (7), which uses previous projections and modified data to predict population. Moreover, we also analyze the spectrum (i.e., the set of eigenvalues) of each of the Leslie matrices obtained by using both sets of data, with the goal to compare our results with the conclusions of the Perron-Frobenius Theorem (see e.g. (3)), which claims that any matrix with nonnegative real entries has a unique largest real eigenvalue. The Leslie matrices, their eigenvalues and the predictions for each set of data were obtained by using the software MATHEMATICA 8.

RESULTS

Projections for the year 2010 obtained by using the Leslie matrix constructed from fertility and survival rates in Table I versus the data provided for female population in (5) is shown in Figure 1. To better compare actual versus projected values, Figure 2 shows how unreliable the data is by presenting the percent error per age group. In comparison, simulated data published in (7) gives better results, as shown in Table II. This data has been modified to fit the anticipated projections and thus result in better accuracy. In Figures 3 and 4, the complex eigenvalues of the Leslie Matrices corresponding to each set of data are shown. We can see that the Leslie matrices corresponding to the data in Table I and Table II, respectively, have a real eigenvalue that is larger than the others, which satisfies the conclusion of the Perron-Frobenius Theorem. However, the magnitudes of the eigenvalues corresponding to the Leslie matrix obtained from Table II are very similar as shown in Figure 4, whereas the eigenvalues of the Leslie matrix obtained from Table I are significantly different as shown in Figure 3.

DISCUSSION

Based on our results, we believe Leslie matrix projections are not reliable for the age groups 0-10 and age groups over 85 years old, but are reliable for the rest of the age groups. This claim is supported by our percent error calculations, which show maximum error in projection to be 8%, whereas at extremes it exceeds well above 50%. Furthermore, by the behavior of eigenvalues, we can see that available data is not enough to accurately predict the population. In these age categories, we believe this is caused by inaccurate data in fertility rates in the 0-10 and over 60 age groups. While the rates may be very small, they are far from insignificant and result in such extreme deviations of projections from accurate data. Simulated data used in (7), give more accurate projections, which leads to conclusion that not all data is true and/or available for age groups under 10 years old. When data for these age groups is manipulated, the results are closer to the true value, which is confirmed the data in Table II. Moreover, we have concluded that in order to give better predictions using manipulated data, the available information has to be manipulated in such a way that the corresponding Leslie matrix has complex eigenvalues whose magnitudes are very close to the magnitude of the unique largest real eigenvalue.

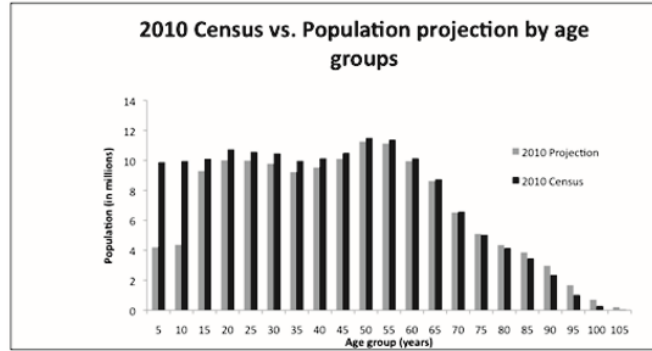


Figure 1. Comparison between actual vs. projected values.

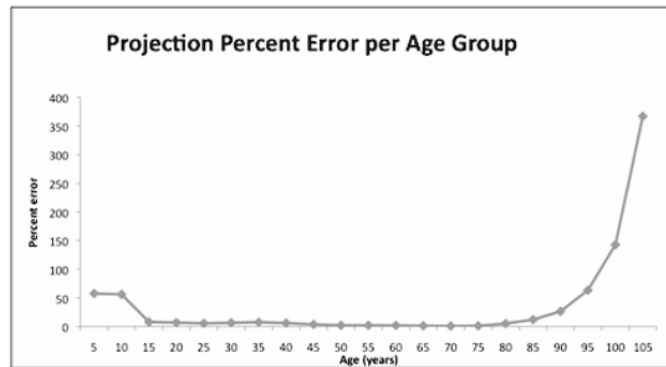


Figure 2. Projection error between actual vs. projected values.

Age Group	Fertility rates F_t	Survival rates s_t	Actual Population	Estimated Population					Actual Population
			2005	2005	2010	2015	2020	2010	2010
5	0	0.993164	9.36507	4.39275	4.19878	4.11921	4.13708	9.88194	
10	0.000001	0.998622	10.0262	9.30105	4.36273	4.17008	4.09105	9.95902	
15	0.00005	0.99927	10.0079	10.0124	9.28823	4.35671	4.16433	10.0973	
20	0.0009	0.998303	9.82889	10.0006	10.0051	9.28145	4.35353	10.7367	
25	0.0485	0.996493	9.27619	9.81221	9.9836	9.98812	9.2657	10.5718	
30	0.1123	0.997464	9.58258	9.24366	9.77779	9.94859	9.9531	10.4663	
35	0.1214	0.996375	10.1886	9.55827	9.22021	9.753	9.92336	9.9656	
40	0.0941	0.995024	11.388	10.1517	9.52363	9.18679	9.71764	10.1376	
45	0.0404	0.993177	11.3128	11.3313	10.1012	9.47624	9.14108	10.497	
50	0.0079	0.990092	10.2029	11.2356	11.254	10.0323	9.41158	11.4995	
55	0.0005	0.984612	8.97782	10.1018	11.1243	11.1425	9.93285	11.3649	
60	0.0005	0.975703	6.96051	8.83967	9.94636	10.9531	10.971	10.1412	
65	0.0003	0.960272	5.66882	6.79139	8.6249	9.70469	10.6869	8.74042	
70	0.0002	0.936197	5.13318	5.44361	6.52158	8.28225	9.31915	6.58272	
75	0.0001	0.905493	4.95453	4.80567	5.09629	6.10548	7.75381	5.03419	
80	0.00001	0.860207	4.37136	4.48629	4.3515	4.61466	5.52847	4.13541	
85	0	0.789186	3.11047	3.76027	3.85914	3.74319	3.96956	3.44895	
90	0	0.681708	1.91332	2.45474	2.96755	3.04558	2.95407	2.34659	
95	0	0.537671	0.830206	1.30432	1.67342	2.02301	2.0762	1.02398	
100	0	0.462403	0.228669	0.446378	0.701297	0.899747	1.08771	0.288981	
105	0	0.236645	0.040397	0.105737	0.206406	0.324282	0.416046	0.044202	

Table I. Results using data from (6)

			Actual Population	Estimated Population				Actual Population
Age Group	Fertility rates F_i	Survival rates s_i	2005	2005	2010	2015	2020	2010
5	0	0.993164	9.36507	9.15632	9.59477	9.61736	9.02188	9.88194
10	0	0.998622	10.0262	9.30105	9.09373	9.52918	9.55161	9.95902
15	0.0009	0.99927	10.0079	10.0124	9.28823	9.0812	9.51605	10.0973
20	0.0477	0.998303	9.82889	10.0006	10.0051	9.28145	9.07457	10.7367

25	0.1097	0.996493	9.27619	9.81221	9.9836	9.98812	9.2657	10.5718
30	0.1135	0.997464	9.58258	9.24366	9.77779	9.94859	9.9531	10.4663
35	0.0912	0.996375	10.1886	9.55827	9.22021	9.753	9.92336	9.9656
40	0.0397	0.995024	11.388	10.1517	9.52363	9.18679	9.71764	10.1376
45	0.008	0.993177	11.3128	11.3313	10.1012	9.47624	9.14108	10.497
50	0.5	0.990092	10.2029	11.2356	11.254	10.0323	9.41158	11.4995
55	0	0.984612	8.97782	10.1018	11.1243	11.1425	9.93285	11.3649
60	0	0.975703	6.96051	8.83967	9.94636	10.9531	10.971	10.1412
65	0	0.960272	5.66882	6.79139	8.6249	9.70469	10.6869	8.74042
70	0	0.936197	5.13318	5.44361	6.52158	8.28225	9.31915	6.58272
75	0	0.905493	4.95453	4.80567	5.09629	6.10548	7.75381	5.03419
80	0	0.860207	4.37136	4.48629	4.3515	4.61466	5.52847	4.13541
85	0	0.789186	3.11047	3.76027	3.85914	3.74319	3.96956	3.44895
90	0	0.681708	1.91332	2.45474	2.96755	3.04558	2.95407	2.34659
95	0	0.537671	0.830206	1.30432	1.67342	2.02301	2.0762	1.02398
100	0	0.462403	0.228669	0.446378	0.701297	0.899747	1.08771	0.288981
105	0	0.236645	0.040397	0.105737	0.206406	0.324282	0.416046	0.044202

Table II. Results using data from (7)

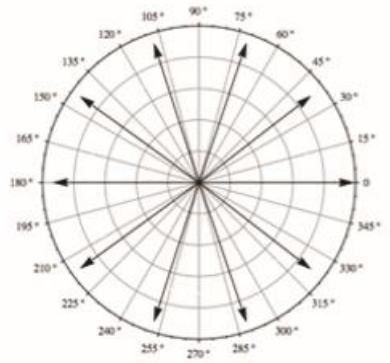


Figure 3. Eigenvalues of the Leslie matrix corresponding to the fertility and survival rates from Table I.

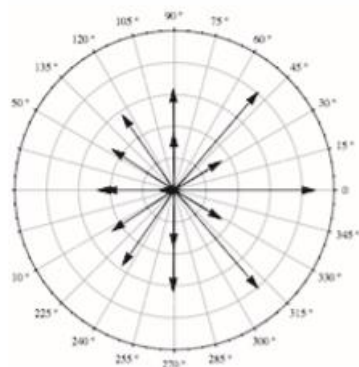


Figure 4. Eigenvalues of the Leslie matrix corresponding to the fertility and survival rates from Table II.

译文二 中国的养老金悖论：建立公平，稳定的养老金计划所面临的挑战

Joshua Freedman and Zhang Yanxia

王秋缘 译

中国面临着人口老龄化前所未有的挑战，同时缺乏全面综合的制度化支持系统来应对这一变化。“中国未富先衰”的口号在国内外都已相当广泛，但也许更恰当的说法是，中国在养老金体系重新平衡之前就已经衰老了。

自中国经济改革开放以来，政府试图将养老金制度的各个部分组合在一起，以取代计划经济时代基于工作单位的养老金支持。目前，中国的养老金体系包含了半私有化的社会保险体系，这些体系建立在中国财政联邦制结构中复杂且往往相互矛盾的力量之上。养老金体系与无资金来源的个人账户、一系列未合并的社会资产和作为最终保险的国家基金相结合。中国政府称其为中国的创新，尽管在实践中，它最准确的描述为所有可用模型——包括国际劳工组织的社会保险，新加坡的中央公积金以及三方模型的创造性结合。

本文的目的是在中国走向人口老龄化的争议时期时，对中国养老金体系的财政和行政方面进行广泛的当代分析。本文将首先回顾近代中国养老金的发展轨迹。随后，它将分析财政分权制度如何导致“底线竞赛”使得养老金筹资不足，以及如何阻止国家标准制度的建立。此外，它将研究一个当代政策的辩题：朝着金融化体系的发展是否能够将更多的养老金储蓄投资于股票市场，从而尝试在小规模资金的整理之外改善养老金体系。

现代中国的养老金：简史

中华人民共和国成立不到两年，中国就建立了首个养老金制度。该制度以苏联的专业知识为指导，以苏联的养老社会保险为部分蓝本，完全由企业支付，不需要工人缴费。该养老金制度不仅是扶持退休老人的工具，同时影响了劳动力市场：男性和女性分别在 60 岁和 50 岁时开始领取养老金，减少了大龄女性的劳动参与度，从而降低城市总体失业率。尽管该制度由企业提供资金，但还是由当地的行业工会管理，其将资金集中在城市一级，以便将养老金从较新的国有企业分配给有大量退休人员的较老的国有企业。当文化大革命期间负责退休金管理的工会被关闭时，这一制度就结束了。因此，从 1969 年开始，企业被要求直接向工人提供养老金，社会保险从城市和国家层面转变为仅基于个体公司层面。

援引社会主义和国家奉献的诺言，许多工人把他们与这些提供福利的企业关系视为社会契约。为了换取保证基本经济安全的“铁饭碗”，他们同意降低薪水和其他福利，以换取养老金，住房，医疗，教育以及其他服务。与主导新政后经济，仅作为提供养老金的多重支柱之一的美国公司不同，在计划经济时代的鼎盛时期，中国的企业（国有或集体企业）是主要的支持手段。

经济改革时代：努力建立统一的替代体系

计划经济中的国有企业有足够的利润来支付各种社会服务。然而，在以市场为基础的经济中，这些公司不仅缺乏足够的利润，甚至往往无利可图。为了在国

有机构之外提供社会服务，特别是退休金和养老待遇，决策者必须寻找不同的方式来建立新的系统。他们还必须找到将退休金与企业个体分开的方法，因而降低了工人在资本经济中的流动性。养老金改革既是解决国有企业（SOE）变更所需社会成本的社会改革，又是促进公司私有化的经济改革，目前已成为社会热点。

受世界银行、国际劳工组织（ILO）等国际组织以及新加坡、美国和其他国家模式的影响，中国的决策者们争论了如何使社会主义制度与“普遍的和全球的”社会保险的思想相协调。从 1991 年开始，国家颁布了一系列政策来塑造这个新系统。缴费率、支付率以及系统的所有行政运行由市政府控制。1997 年，中央政府试图将分散的制度与一种社会保险制度统一起来，该制度可以覆盖所有城市工人，而不仅仅是国有企业的工人。改革实施了强制性个人账户和社会统筹。扩大的养老金覆盖了更多的工人，但仍无法克服鸿沟之深。根据 1997 年的规定，该体系仍旧存在城乡以及地区之间的分裂，并且在融资和行政管理两方面都发生了权力下放。

2000 年，中国成立了第一个也是唯一的国家级养老金组织。部门级别的全国社会保障基金理事会（NCSSF）负责经营作为最后保险的一笔资金以为人口老龄化的高峰期做准备。但是，NCSSF 并不是一个国家养老金体系，只是一笔国家支持基金。它由中央政府的补贴、国家理事会批准的资金（例如国家彩票的利润）、国有资产或股份的转让或出售以及投资收益赞助。2015 年，全国社保基金拥有 1.9 万亿元人民币的外汇储备，高于 2000 年成立时的 200 亿元人民币。

NCSSF 成立后不久，辽宁省就启动了全额个人账户试点计划，以支持基本的现收现付养老金制度。自给资金的个人账户于 1997 年被国务院正式认可，该制度曾在 1980 年代的智利广为人知，并在随后的几十年中被世界银行推广。个人账户作为新自由主义全球趋势的一部分，将风险和报酬都转移给个人。

个人账户系统于 2001 年第三季度在辽宁实施后，发展到了东北的其他省份，并在 2005 年扩展到了全国。尽管个人账户一直保持存在，但资金还远远不够。截至 2013 年底，个人账户总计拥有 4154 亿元人民币，每个账户仅有 1300 元人民币。在中国完全没有资金支持的个人账户失效之后，大部分多边政策组织开始建议建立“名义定额供款”系统，这是原始的三支柱世界银行模型的分支，该模型保留了私人账户的概念，但允许像现收现付系统一样为私人账户提供资金。

因此，除了增加个人账户之外，当前的养老金制度还根据工人类型分为不同的社会政策，这是成功摆脱基于企业个体的养老金的结果。最大的系统针对城市工人、政府或服务机构的员工、农村居民以及城市工人体系之外的城市居民。截至 2014 年，有 3.41 亿工人参加了城镇职工基本养老金制度，而城乡居民养老金制度包括了 5.01 亿人。尽管与往年相比有所缓和，2014 年每个省对于以上两种养老保险的参与率仍在继续增长，但该制度仍由省级或以下权力管理。

农村居民和农民工：最新的养老金参加者群体

在计划经济下，不属于大型集体企业的农民缺乏任何社会保险制度。将保险扩展到农村地区的尝试始于 1992 年，当时中央政府提议使用县级组织作为农村养老保险的经营单位。但是，由于管理不力和 1990 年代后期的金融危机的影响，该计划从未得以实施，最终失败。农村的养老保险计划仍然保持着零散和自愿，直到 21 世纪下半叶的改革将工作重心放在建立更全面的农村社会保险制度上。政府从 2009 年开始试点农村地区的养老金计划，此后一直扩大覆盖范围。为了鼓励参与，该计划包括社会定额养恤金以及由政府捐款补贴的自愿定额供款。

在城市工作但户口仍在农村的农民工参加养老金制度的比例仍然很低。

2014 年,有 16.7%的农民工向城市工人的保险资金库缴纳了养老金,但仅有 3.9%的农民建筑工人参加。但法律方面的发展正努力将其和医疗、工人补偿、生育和失业保险等方面纳入养老金体系。2008 年的《劳动合同法》正式确立了更大比例的雇佣关系,增加了参与社会保险的农村农民工比例。2011 年的《国家社会保险法》则要求所有工人(包括农民工)参与养老金制度,并确定了雇主和雇员如何分配社会保障费用。中国的既定目标是到 2020 年实现全民基本养老保险(以及医疗保险)覆盖。

分散化和养老金不平等

正如华莱士·奥茨(Wallace Oates)在财政联邦制中所主张的那样,分权化使得政策可以针对特定地区的需求进行改进。这对于像中国这样的大国来说尤其重要,因为中国各地具有许多文化、发展水平以及地域方面的差异。分权化还为地方领导人提供了更大的灵活性,并可以提高经济效率,促进经济发展。蒂布特(Tiebout)的地区间竞争理论(俗称“用脚投票”)认为,权力下放通过迫使不同的司法管辖区进行竞争来提高效率。这一理论有助于解释中国在早期发展中取得的成功:许多学者将改革后的经济繁荣中生产率的提高归因于权力下放,这促进了地方管辖权之间的竞争。

但是,权力下放也可能导致更严重的不平等现象以及与监督和质量有关的更多问题。分散系统的平等程度较低,因为较富裕地区和较贫穷地区之间的联系较少,再分配的能力也较小。在地域差距巨大的中国,分散化制度比其他国家更能加剧这些差距。正如张晓波所说,中国的非民主政治结构和有限的劳动力流动,可能使蒂布特“分权将导致更高的效率”的原始论点无效。

作为规模最大的单一社会保险制度,养老金反映并加剧了持续的区域和城乡财政缺口。与东北地区相比,中国东南部较为富裕。在这些年轻且增长迅速的经济体中,养老金体系要健全得多,并且农村体系与城市职工相比还处于欠发达状态。联邦制对短期内的大规模收入共享产生了严重的抵制。

2014 年,有 23 个省的城镇职工养老金系统支出高于养老金缴款收入,这些省份从中央政府获得补贴以弥补这一缺口。平均而言,这 23 个省的养老金收入不到缴费的四分之三。在不考虑补贴的情况下,只有八个省(或省级直辖市)存在年度盈余;除特殊的新疆和西藏自治区外,所有剩余省份都是富裕的沿海制造业中心或大城市,既吸引劳动力又吸引资本流入。

通过比较广东(中国东南沿海的沿海出口经济的核心)和黑龙江(与俄罗斯接壤,是中国东北煤炭驱动带的一部分),可以看到最明显的差异。在广东,城镇职工养老金体系中退休人员与职工的比例为 10.2%。换句话说,每个退休人员有将近 10 名工人供费。而在黑龙江,这一比例为 68.6%:每个退休人员只有 1.45 名工人供费。广东和黑龙江的退休人员参加工人养老金制度的人数相近(分别为 446 万和 443 万),但广东的退休职工人数是该制度的七倍。即使获得中央补贴,黑龙江的城镇职工养老金在 2014 年也有 106 亿元的赤字。

分权的影响也可以在中国的城乡差距中找到。在分析改革前和改革后的不平等现象时,坎伯和张发现,1979 年以后,权力下放导致了城乡之间更大的不平等现象。城市居民的福利覆盖率与先进工业化国家类似,而农村地区的福利覆盖率与最不发达国家持平。中国的城市地区一直比农村地区富裕得多,因此,中国养老金制度发展的最初阶段实际上是在加剧而不是减少不平等。这符合许多发展中国家的社会福利规定。

数据表明,养老金体系中城乡差距仍然很大。根据中国人民大学 2014 年末

的调查数据,城镇职工和城镇居民的养老金支出中位数分别为 2300 元和 1071 元,而农村居民则是 60 元。将近四分之三的城市老年人依靠养老金作为其主要收入来源,但只有 17% 的农村工人能够这样做。

由于下级行政部门的问责制较弱,行政系统较不发达,公共决策与私人关系之间的距离较小,因此分散式系统通常也更容易出现寻租和腐败现象。在 2006 年的上海养老金制度案例中,最高官员被发现滥用了养老金,这是当地最引人注目的违法案例。尽管该法规的框架应该是全国性的,但本地化管理仍留有更多空间让当地官员违反规则和标准。

养老金制度的分散性质必须在其形成的经济改革的背景下加以重视。从国有企业缴费义务中取消养老金被视为 1990 年代国有企业私有化的必要步骤。市级政府希望控制地方的养老金,因为它们被视为中央政府“廉价资金”支持的来源,可以用于地方项目的投资。市级管理者还希望在私有化过程中最大化国有企业的收益。尽管存在缺乏标准,统筹水平低,区域不平等以及基金管理不善的问题,但从下而上建立养老金体系被认为是加快改革进程,并为地方设计更合适的养老金系统提供空间的必要条件。

付款不足的问题

从新的养老金政策开始实施,学者就提出了区域间竞争负面影响的潜在问题。竞争在为经济增长带来积极动力的同时,也可能导致在降低标准和违反规则方面的无底线比拼,并且对中国地方和省级政府低估养老金缴款的重要性造成了不正当激励。

正如许多研究表明的结果,即使权力下放对 1980 年代的养老保险覆盖率增长产生了积极影响,1994 年的财政新集中化也很有可能改变了权力下放的性质。地方资金的缺乏以及劳动力和资本流入地区的不平衡加剧了对中央资金的竞争,而不是提供社会服务的竞争,从而加剧了对公共产品的争抢。

由于缺乏地方税收,地方政府必须找到鼓励新企业进驻,从而促进当地经济增长的方法。名义上,用人单位必须支付工资数额的至少 20% 作为退休金,而工人要缴纳 8% (所有资金都进入强制性个人账户)。加上其他社会保险费,养老金缴费构成了高昂的业务成本,而寻找避免支付社会保险的方法可以为企业节省多达 30% 的劳动力成本。

养老金支付不足在中国是一个普遍存在的问题。研究发现,实际缴费额比全国应有的名义缴费额低三分之一。与外资企业和大型国有企业相比,较小的国内公司受到的监管相对不严格,它们更有可能逃避缴费。广东省珠江三角洲等地区存在大量的养老金盈余,通常只要求雇主支付工资的 12%,而不是 20%。其他想要吸引业务的竞争公司则必须反过来降低其社会保险费,进而损害该体系的财政健康状况。但这并不是一个单方面的问题——许多工人(尤其是农民工)支持这些安排,因为他们对退休后养老金制度没有太大的信心。正如马克·弗雷泽(Mark Frazier)所述,“接受采访的城市居民还报告说,雇主普遍倾向于与雇员合谋逃避社会保险税,因为雇员有充分的理由怀疑他们永远不会得到养老金”,省市之间的无底线竞争本身就降低了职工们对这一制度的信任,从而导致资金不足的恶性循环,威胁到总体养老金的公平性和可持续性。

集权:陷入困境

正如秦高(Qin Gao)等人所认为的,中国人口老龄化很可能有助于推动中国迈向“更加一体化,慷慨和进步的福利国家”。领导人胡锦涛提出了“科学发展观”的概念,其中包括以人为本,消除不平等现象并且增加稳定的发展思想。该

方针还包括将公共服务扩展到以前无法享受的人群。在习近平领导下，这一观念首先转变为“促进人民的全面发展”，进而转变为“以人为本的发展”。在以人为本的旗帜下，习近平带领政府将实现全民养老金覆盖和增加城市公共服务覆盖家庭比例列为国家优先事项。

在过去的 25 年中，中国已经取得了很大的进步：养老金体系已经从企业的零散集合中发展为一系列的制度，汇集了全省级别多达十亿人的资金池。然而，权力下放制度的遗留问题继续阻碍着重大改革，这些改革将使该制度更加公平和可持续地发展，例如国家集资。

尽管该制度名义上是专制的，但地方与中央对权力和实施的讨价还价仍是政治制度的中心。现有文献广泛讨论了中国地方政府的抵制、反对或有选择地执行中央政府政策和改革方向的行为，且地方政府由于对社会服务支出的过大责任，因此具有高度的控制力。

退休人员多、收入少的地区的官员，例如东北一带，更愿意集中退休金以减轻负担。但那些高盈余地区的人将集权视为对权力的直接侮辱，因为“中国多层次治理结构内的财政关系使城市政客有动力去反对国有化的全民养老金计划，这将剥夺他们宝贵的政治资源”。适度盈余的存在也降低了强制执行高额社会保障金的压力，使该地区对商业投资更具吸引力。

劳动力和资本流入省（如广东）和劳动力流出省（或重工业经济体，如黑龙江）之间的人口年龄结构差距现在是如此之大，以至于集中式统筹实质上意味着资金从一个省直接转移到另一个省。从长远来看，广东省的人口红利将最终消失：如今，工人与退休人员的比例很高，这意味着未来的退休人员负担沉重。但是这种负担已经袭击了大多数省。集中化将需要广东、北京和其他一些省份放弃其有利位置，以帮助其他省份渡过至少一代人的难关。

人口结构差距使决策者几乎没有选择余地。强制集中资金更可能导致现有资金消失，而不是向上移动。1990 年代，当养老基金改革试图将资金从中央国有企业转移到省级资金池时，只有大约四分之一的剩余资金最终进入了省级资金池。结果是，未来的集中化提案仅讨论了集中或重新分配未来的资金池的可能性，而已经积累的盈余资金则由较富裕的省份控制。在 2015 年进行了广泛讨论，并预计于当年年底公开概述的国家统筹提案也一再被推迟。

中央官员是否要完全控制养老金体制也不确定。当中国政治体制内部出现问题时，中央政府通常可以在总体政治结构与问题本身之间保持“道德距离”，从而确保至少有一个中间层来承担责任。通常，这种中间人的角色是由地方政府扮演的，他们将其归咎于未能正确执行政策的特定情况（无论对错）。

这种模式与养老金政策关系紧密。由于养老金与中国公民的生活质量直接相关，因此该问题可能十分不稳定（在全国范围内，与养老金支付不足有关的抗议活动越来越多，例如 2014 年粤圆鞋厂罢工和 2015 年黑龙江教师罢工）。直接控制社会保障体系将使得中间方不复存在，并要求中央政府对这个本已充满争议的政策行动的成败负全部责任。

摇摇欲坠的金融结构之投资

随着对即将到来的养老金短缺的担忧日益加剧，政策正在扩大养老基金的投资范围。在 2015 年 6 月下旬的股市崩盘中，政府部门发布了期待已久的制度草案，允许基本养老保险将其所持资金的 30%（约 6000 亿元人民币（或略低于 1000 亿美元））投资于股票市场。以前，这些投资仅限于政府债券和银行存款。不到两个月后，也就是“黑色星期一”暴跌的前一天，该制度获得了最终批准。

中国扩大养老基金投资的举动并非独树一帜：世界各地的老龄化压力和疲软的经济状况导致公共和私人养老基金都在寻求持续增长的收益。例如，在美国，公共养老基金在对冲基金和私募股权等“另类资产”上的投资增加了一倍，考虑到管理能力的水平不同，结果是好坏参半。

扩大基本养老基金的投资范围引起了国内评论家的不同反应。拥护者认为，这是通过增加机构投资者的存在来增加养老金盈余和稳定股市的一种方式。其他学者和从业者则关注市场风险、社会保险被日渐削弱的主要作用以及基金管理能力。2015年的股市崩盘清楚地表明，中国市场仍处于起步阶段。如此剧烈的波动使得股票投资成为退休金等民生至关重要的基金的不佳选择，投资文化也仍然是短期和投机的。将基本养老金基金投资于股票可能会抵消一些短期赤字，但也会将风险转移到整个养老金系统中。将稳定市场波动的责任放在人们的退休储蓄上是一个潜在的危险提议，尤其是对于大多数依靠养老金收入来储蓄的城市退休人口而言。

实际上，转向股票市场投资而不是依靠现收现付制，是在押注投资回报而不是工资增长。不断增长的工资，以及将更多非正规就业工人纳入正式的社会保障体系，将增加现收现付额。另一方面，为股票投资进行资本集资却将负担转移给了目前的工人，并且不能保证获得高回报。从更广泛的经济改革的角度来看，中国必须能够增加收入，以便能够可持续地平衡其经济，摆脱对投资主导型增长的过度依赖。继续使农民工融入正规经济并增加不断发展的服务部门的工资将导致工资增长并增加养老金缴款。正如学者指出的那样，养老基金的投资收益不能保证比工资增长更快。因此，根据中国人民大学李震的说法，很有可能“一个有资金的退休金计划比现收现付更昂贵”。支持长期将养老金纳入市场的专业市场改革者应注意避免在短期内依赖市场投资的风险。

将剩余的基本养老基金投资到股票市场和其他投资工具中，可以使金融化先于制度的零散资金整理。当前产生负实际回报率的盈余资金投资可以为系统带来更多资金，从而减轻财政压力并为其其他优先事项（例如降低养老金缴款率）提供更多空间。然而，这又造成了另一个悖论：已经苦苦挣扎的地区没有多少可投资的盈余。在剩下的一部分可以投资之前，必须先使用资金来支付当前退休人员的养老金。仅有沿海制造业中心等尚未面临养老金危机的领域能够拥有大量且不断增长的盈余。

整合之前的金融化是政府努力的范例之一，可以间接改善体制而不必解决权力下放问题。基本养老金的汇集将是解决权力下放造成严重结构性失衡的最直接方法，但仍将面临政治阻力。在看似已达到直接解决系统性不平等和不可持续性的极限之后，政策将试图间接克服权力下放，希望使分权和不平等的重要性降低，而这往往依赖于市场回报，但这些政策可能会加剧贫富差距（无论是针对人民还是针对地方）。因此，它们会改善系统，还是使问题恶化，仍需拭目以待。

结论

1970年代后期的经济改革和开放后，财政和行政权力下放是中国经济快速增长的关键因素，尽管人们努力摆脱其传统，但仍试图定义现代养老金结构。该制度已经从企业退休体系的松散集合发展成更大的市政或省级储备库，但是由于分散式发展的遗留问题，集中化或均等化工作已停止。国家统筹的替代办法设法使养老金在财务上更具可持续性，同时推迟或避免解决体系分散的问题。有利于市场改革的积极环境为这些政策注入了新的活力，其中包括在市场上使用基本养老金进行投资。

最终最可能的解决方案是时间。人口年龄结构将历经几代人重新回到平衡：拥有大量年轻工人的地区在他们退休并成为养老金领取者时将不得不为其提供支持。假设这些工人中有许多人从工作地点获得退休金（视社会保险基金而定，无论其居住在何处，都可以覆盖工人，或通过户籍改革使他们成为工作地点的正式居民），广东在未来的 20 到 30 年内将增加大量需要照顾的老年人口，就像他们工作时那样。同样地，金融体系也处于起步阶段，并且可能会继续成熟和稳定。

因此，最大的问题是：中国的养老金体系能支撑这么长时间吗？如果该国的劳动人口在可以使自然力量和人口发展通过权力下放发挥作用之前就已经衰老，那么中国可能在重新平衡养老金体系前，就已经面临着老龄化的难题。

附原文

China's Pension Paradoxes: Challenges to Creating an Equitable and Stable Pension Scheme

Joshua Freedman and Zhang Yanxia 8/2016

China faces an unprecedented challenge of an ageing population, combined with the lack of a comprehensive, integrated institutionalised support system to handle this change. The mantra that “China will get old before it gets rich” is popular both domestically and abroad, but perhaps a more fitting statement is that China is getting old before the pension system rebalances.

Since the advent of China's economic reform and opening up, government policy has tried to piece together different parts of a pension system to replace the work unit based elderly support of the planned economy era. Currently, the pension system in China includes a mix of semi privatised social insurance systems, built on top of complex and often contradictory forces within the Chinese fiscal federalist structure. With a pension system combining unfunded individual accounts, a series of unmerged social pools and a national fund of last resort, “the Chinese government has claimed it as China's innovation, though in practice it can be best described as a creative mixture of all available models—including the ILO's social insurance, Singapore's Central Provident Fund, and the three-pillar model of the World Bank”. The goal of this article is to provide a broad contemporary analysis of the fiscal and administrative aspects of China's pension system as the country heads towards a contentious period of rapid population ageing. The article will first review the trajectory of pension development in modern China. It will then analyse how the system of fiscal decentralisation has led to a “race to the bottom” in pension underfunding and prevented efforts at creating a national system. It will additionally examine a contemporary policy debate: the move towards a more financialised system that invests more pension savings in the stock market, thus trying to improve the pension system outside of defragmentation.

PENSIONS IN MODERN CHINA: A BRIEF HISTORY

Less than two years after the founding of the People's Republic of China, China instituted its first pension system. This system, guided by Soviet expertise and modelled in part after elderly social insurance in the Soviet Union, was paid for entirely by enterprises and required no worker contributions. This pension system was not only a tool to support the elderly but also one to influence the labour market: men started to receive pensions at the age of 60 and women at 50, reducing the labour force participation of older women in order to reduce overall urban unemployment. Although financed by enterprises, the system was administered by local industrial unions, which “pooled these funds at city levels so that pensions could be distributed from newer SOEs to older SOEs that had large numbers of retirees”. This system ended when the trade unions responsible for managing the pension system were shut down during the Cultural Revolution. Consequently, starting in 1969, enterprises were required to directly provide workers with pension benefits, shifting from city level and national level social

insurance to one based solely on individual firms. Invoking the promises of socialism and country sacrifice, many workers viewed their relationship with these welfare providing enterprises as a social contract. In exchange for the “iron rice bowl” of basic economic security, they agreed to lower salaries and other benefits in exchange for pensions, housing, health care, education and other services. Unlike the corporations that dominated the post New Deal American economy, whose role to provide pensions was just one pillar of a multipillar system, in the heyday of the planned economy era, the Chinese enterprise (a state owned or collectively owned firm) was the prime means of support.

Economic Reform Era: Struggling to Create a Unified Replacement System

State owned firms in the planned economy had ample profits to pay for a wide range of social services; in a market based economy, however, these firms not only lacked sufficient profits but were often extremely unprofitable. Policymakers had to find different ways to create a new system to deal with providing social services, particularly pensions and elder care, outside of the state enterprise apparatus. They also had to find ways to separate pensions from a single enterprise, which prevented worker mobility in a wage labour economy. Pension reform became a central issue both as a social reform for dealing with the social costs of state owned enterprise (SOE) reform, and an economic reform to promote firm privatisation.

Influenced by international organisations like the World Bank and the International Labour Organization (ILO), as well as models in Singapore, the United States and elsewhere, Chinese policymakers debated how to reconcile a “socialist social insurance” system with the idea of social insurance that was “universal and global”. Starting in 1991, the state promulgated a series of policies to shape this new system. Urban governments controlled contribution and payout rates and all administrative control of the system. And in 1997, the central government attempted to unify the fragmented system with a social insurance system that could cover all urban workers, not just those in SOEs. The reforms adopted both mandatory individual accounts and social pooling. The expansion of pensions included many more workers, but it could not overcome deep divides; under the 1997 regulations, the system remained split along rural–urban and regional divides, and was decentralised in both financing and administration.

In 2000, the first and only national level pension organisation was created. The ministerial level National Council for Social Security Fund (NCSSF) was created to run a fund of last resort in preparation for a period of peak population ageing. The NCSSF is, however, not a national pension system; it is only a national support fund. It is funded by subsidies from the central government, State Council approved funds (such as profits from the national lottery), the transfer or sale of state owned assets or shares, and investment returns. In 2015, the NCSSF held 1.9 trillion yuan in reserves, up from 20 billion yuan at its inauguration in 2000.

Soon after the creation of the NCSSF, a pilot programme of fully funded individual accounts began in Liaoning province, supplementing the basic pay as you go pension system. Fully funded individual accounts, officially endorsed by the State Council in its 1997 decision, were made famous in Chile in the 1980s and promoted by the World Bank through the following decades. As part of the global trend towards neoliberalism, individual pension accounts move risk and reward onto individuals.

Following implementation in Liaoning in the 2001–03 period, the system of individual accounts was expanded to other north eastern provinces and then nationwide in 2005. Although the individual accounts still exist, they are far from fully funded. At the end of 2013, individual

accounts held 415.4 billion yuan in total, or only 1,300 yuan per account. Following the failure of fully funded individual accounts in China, many of these multilateral policy organisations instead started to recommend a “notional defined contribution” system, an offshoot of the original three pillar World Bank model that keeps the idea of private accounts but allows them to be funded like a pay as you go system.

In addition to individual accounts, then, the current pension system is divided into various social systems based on worker type, the result of a successful move away from single enterprise based pensions. The largest systems are for urban workers; government or service agency employees; rural residents; and urban residents outside of the urban workers’ system. Through 2014, 341 million workers participated in the urban workers’ pension system, while the combined rural and urban residential basic pension system included 501 million participants. Participation continued to grow in every province in both systems in 2014, although it slowed from previous years. These systems are still administered at a provincial level or below.

Rural Residents and Migrant Workers: The Newest Group of Pension Participants

Under the planned economy, peasants, who did not belong to large collective enterprises, lacked any system of social insurance. An attempt to extend insurance to rural areas began in 1992, when the central government proposed using the county as the operating unit for rural old age insurance. However, the programme never took hold and eventually fell apart due to management problems and the effects of the financial crisis in the late 1990s. Rural programmes remained piecemeal and voluntary until reforms in the latter part of the first decade of the 21st century refocused efforts on building a more comprehensive rural social insurance system. The government piloted a pension programme for rural areas starting in 2009 and has expanded coverage ever since. The programme includes a social defined benefit pension plus a voluntary defined contribution scheme subsidised by government contributions to encourage participation.

Rural migrant workers, who work in cities but whose household registration remains rural, still have low rates of participation in the pension system. In 2014, 16.7 per cent of migrant workers paid pension premiums into the urban workers’ insurance pool; only 3.9 per cent of migrant construction workers participated. Legal developments, however, have worked to integrate them into the pension system as well as those for health, workers’ compensation, maternity and unemployment insurance. The 2008 Labour Contract Law, which formalised a larger share of employment relationships, increased the share of rural migrant workers covered by social insurance. The 2011 National Social Insurance Law called for all workers—including migrants—to participate, and delineated how employers and employees split social security fees. The stated goal is to have universal basic pension (and health) coverage by 2020.

DECENTRALISATION AND PENSION INEQUALITIES

As Wallace Oates argued in *Fiscal Federalism*, decentralisation²⁵ allows for policies to be tailored to the needs of a specific area. This is particularly relevant for a large country like China, which spans many different cultures, levels of development and geographies. Decentralisation also offers local leaders more flexibility and can increase economic efficiency and growth. Tiebout’s theory of competition between regions, colloquially known as people “voting with their feet”, argues that decentralisation creates efficiency by forcing different jurisdictions to compete. This theory helps explain some of China’s early growth success: many

scholars have attributed productivity gains in China's postreform economic boom to decentralisation, which led to competition among subnational jurisdictions.

Decentralisation, however, can also lead to greater inequalities and more problems related to oversight and quality. Decentralised systems are less equal because there is less connection, and thus there is less ability to redistribute, between wealthier and poorer areas. In China, where the gaps are enormous, a decentralised system reinforces these disparities even more than in other countries. China's non-democratic political structure and restricted labour mobility, as Zhang Xiaobo argues, may render invalid Tiebout's original thesis that decentralisation will lead to greater efficiency.

As the largest single system of social insurance, pensions reflect and exacerbate continued regional and urban–rural fiscal gaps. Wealthier, younger and faster growing economies in south east China have much healthier pension systems than those in the rustbelt north east, and the rural system remains underdeveloped compared to that of urban workers. The federalist system creates deeply entrenched resistance to large scale revenue sharing in the near term.

In 2014, 23 provinces had higher expenditures than revenue from pension contributions in their urban workers' pension systems; these provinces received subsidies from the central government to cover the gap. On average, these 23 provinces received less than three quarters of their pension revenue from contributions. Only eight provinces (or provincial level municipalities)³⁰ had an annual surplus before taking subsidies into account; excluding the special autonomous regions of Xinjiang and Tibet, all of the surplus provinces are wealthy coastal manufacturing hubs or large mega cities which attract both labour and capital inflow.

The starkest difference can be seen by comparing Guangdong, the core of China's coastal export economy in the south east, and Heilongjiang, which borders Russia and is part of China's north east coal driven rustbelt. In Guangdong, the ratio of retirees to workers in the urban workers' pension system was 10.2 per cent; in other words, there were nearly 10 workers for every retiree. In Heilongjiang, the ratio was 68.6 per cent: there were only 1.45 workers for every retiree. Guangdong and Heilongjiang had similar numbers of retirees participating in the workers' pension system (4.46 million and 4.43 million, respectively), but Guangdong had seven times as many workers contributing to the system. Even after central subsidies, Heilongjiang's urban workers' pension system had a deficit of 10.6 billion yuan in 2014.

The effects of decentralisation can also be found in China's rural–urban divide. In an analysis of inequality during the pre -and post reform eras, Kanbur and Zhang found that after 1979, decentralisation led to greater inequality between rural and urban areas in China. Welfare coverage for urban residents resembles that in advanced industrialised nations, while that of rural areas is on par with the least developed countries. Urban areas in China have always been much wealthier than rural areas, and so the first stages of the development of the pension system in China have actually increased inequality rather than decreased it. This is in line with social welfare provision in many developing countries.

Data suggests that urban–rural gaps remain large in the pension system. According to Renmin University survey data collected in late 2014, the median monthly pension payouts for urban workers and urban residents was 2,300 yuan and 1,071 yuan, respectively; for rural residents, it was 60 yuan. Nearly three quarters of urban elderly relied on pensions as their primary source of income, while only 17 per cent of rural workers were able to do so.

Decentralised systems are also often subject to more rent seeking and corruption, because

lower level administrations often have less accountability, less developed administration systems, and less distance between public decisions and private connections. The case of the Shanghai pension system in 2006, in which top officials were found to have misused pension funds, is the most high profile case of local non compliance with national regulation.³⁸ Although the regulatory framework is supposed to be national, localised administration leaves more room for local officials to depart from rules and standards.

The decentralised nature of the pension system must be seen in the context of the economic reforms in which it took shape. Removing pensions from the responsibility of SOEs was seen as a necessary step in the SOE privatisation of the 1990s. City level governments wanted control of local pension funds because they were seen as a source of “cheap money” backed by the central government that could be invested in local projects. City level administrators also wanted to maximise benefits from the sale of SOEs during the privatisation process. Building pensions from the bottom up was seen as necessary to speed up the process of reform and leave room for local experimentation on designing a better pension system, despite problems of lack of standardisation, low levels of pooling, regional inequalities and poor fund management.

Problems with Underpayment

From the first days of the new pension policies, scholars raised potential issues of the negative side effects of inter regional competition. The competition that creates positive incentives for economic growth can also lead to a race to the bottom in terms of lower standards and rule violations. Competitive mechanisms have created perverse incentives for local and provincial governments in China to underpay pension contributions. Even if decentralisation had positive effects on growth in the 1980s, as many studies have shown, the fiscal recentralisation in 1994 potentially changed the nature of decentralisation. The lack of local funding and imbalance towards labour -and capital inflow regions increased competition for central funds, rather than social service provision, thus encouraging a race to the bottom for public goods.

Lack of local revenues has led local governments to find ways to encourage new businesses to locate in their territory and thus generate local economic growth. Employers are nominally required to pay at least 20 per cent of wages for pensions, while workers contribute eight per cent (all of which goes to the mandatory individual account). Combined with other social insurance fees, pension contributions constitute a high cost on business. Finding a way to avoid social insurance payments could save firms up to 30 per cent of labour costs.

Pension underpayment is widely acknowledged as a ubiquitous problem in China. Studies have found that actual contributions are one third less than nominal rates nationwide. Smaller domestic firms, which face less strict supervision than foreignowned firms and large SOEs, are more likely to evade payments. Areas like the Pearl River Delta in Guangdong, which has a large pension surplus, often only require employers to pay 12 per cent of wages, rather than 20 percent. Other areas that want to compete to attract businesses must lower their social insurance fees in turn, undermining the fiscal health of the system.

This is not a one sided problem, however—many workers (particularly migrant workers) have supported these arrangements because they ultimately do not place much faith in the pension system. As Mark Frazier notes, “Urban residents interviewed also reported a general tendency among employers to gladly collude with their employees to evade social insurance levies [...] Because their own employees have strong reason to suspect that they will never see

the pension benefits, small and medium firms that use migrant labour can easily evade social insurance payments altogether". The race to the bottom between provinces itself creates less trust in the system among workers, contributing to a vicious cycle of underpayment that threatens overall pension fairness and sustainability.

CENTRALISATION: STUCK IN THE MUD

China's ageing population, as Qin Gao et al. argue, could help drive China towards "a more integrated, generous, and progressive welfare state". The Hu Jintao administration proposed the concept of "scientific development", which included the idea of people-oriented development (*yiren weiben*) to combat inequality and increase stability. This included expanding public services to previously uncovered populations. Under Xi Jinping, this concept shifted first to "promoting people's comprehensive development" (*cujinren de quanmian fazhan*) and then to "people-centred development" (*yirenmin weizhongxin*). Under the banner of people-centred development, the Xi administration has made it a national priority to achieve universal pension coverage and increase the share of households with access to urban public services.

Much progress has been made in the last 25 years: the pension system has grown from loose collections of enterprises putting funds together to a series of systems, pooled as high as the provincial level, that include nearly a billion people. Yet the legacies of the decentralised system continue to stymie major reforms that would make the system fairer and more sustainable, such as the national pooling of funds.

Even though the system is nominally authoritarian, local-central bargaining over power and implementation lies at the centre of the political system. The literature widely discusses the many ways in which local governments in China resist, oppose, or selectively implement central government policies and directions of reform, and local governments have a high degree of control because of their outsized responsibility for social services expenditures.

Officials in areas with many retirees and little revenue, like the rustbelt northeast, are more willing to centralise pension funds to alleviate their burden. But those in high surplus regions see centralisation as a direct affront to their power, as "fiscal relations within the multilevel governance structure of China give urban politicians power incentives to oppose a nationalized universal pension scheme which would deprive them of a valuable political resource".⁵⁶ The existence of a comfortable surplus also lowers pressure to enforce high social security contributions, making the area more attractive for business investment.

The gaps in population age structure between labour- and capital-inflow provinces like Guangdong and labour-outflow provinces, or heavy industrial economies like Heilongjiang, are now so large that centralised pooling essentially amounts to a direct transfer of funds from one province to another. In the long term, the demographic dividend in Guangdong will eventually wane: today's high ratio of workers to retirees will mean a large retiree burden down the road. But that burden has already hit most provinces; centralisation would require Guangdong, Beijing and a few other provinces to give up their advantageous positions to help out other provinces for at least a generation.

The population structure gap leaves policymakers with few options. Forced centralisation of funds is more likely to result in existing funds disappearing, rather than moving upwards. When pension fund reform tried to transfer funds from central SOEs to provincial pools in the 1990s, only about a quarter of surplus funds ended up in provincial pools.⁵⁷ The result is that

future centralisation proposals only discuss the possibility of centralising or redistributing future pooled funds, leaving wealthier provinces in control of the surplus funds already accumulated. Proposals for national pooling, widely discussed in 2015 and expected to be outlined publicly by the end of that year, have been repeatedly delayed.

It is also uncertain as to whether central officials want full control of the pension system. When problems occur within China's political system, the central government can often maintain a "moral distance" between the overall political structure and the problem itself, ensuring at least one level of intermediary to shoulder the blame. Usually this middleman role is played by local governments, which are (for right or wrong) blamed in that specific instance of failing to properly implement a policy.

This pattern is very relevant to pension policy. Because pensions are directly connected to the quality of Chinese citizens' lives, it can be a particularly destabilising issue (as represented by the increasing number of protests around the country related to pension underpayment, such as the major Yue Yuen shoe factory strike in 2014 and the Heilongjiang teacher strike in 2015). Taking control of the social security system would eliminate the intermediary and require the central government to take full responsibility for both the success and failure of policy moves in an already contentious area.

INVESTING ON SHAKY FINANCIAL STRUCTURES

As concerns about a looming pension shortfall grow, policies are increasing the scope of pension fund investment. In the middle of the stock market crash in late June 2015, ministries released long awaited draft rules allowing basic pension funds to invest up to 30 per cent of their holdings—about 600 billion yuan (or just under US\$100 billion)—in the stock market. Previously, these investments were restricted to government bonds and bank deposits.⁶⁰ Less than two months later, and one day before the "Black Monday" plunge, the rules received final approval.

China's moves to expand pension fund investment are not isolated: ageing pressures around the world and a weak economy have led both public and private pension funds to search for ever increasing returns. In the United States, for example, public pension funds doubled their investment in "alternative assets" such as hedge funds and private equity. Results have been mixed, especially given the differing levels of management capacity.

Expanding the investment scope of basic pension funds has drawn mixed reactions from domestic commentators. Advocates of expanding the pension investment scope see it as a way to both bolster pension surpluses and stabilise the stock market by increasing the presence of institutional investors. Other scholars and practitioners are concerned about market risk, the eroding primary role of social insurance and fund management capabilities. The 2015 stock market crash made it clear that China's markets are still at a nascent stage of development; such extreme volatility makes stock investment a poor choice for funds like retirement that are central to people's livelihoods. Investment culture, too, remains short-term and speculative. Investing basic pension funds in stocks may counter some short termism, but it will also shift risk onto the pension system as a whole. To put the responsibility of stabilising the volatile market on people's retirement savings is a potentially dangerous proposition—especially for the majority of urban elderly who rely on pension income for their savings.

Shifting to stock market investment rather than relying on a pay as you go system is, in effect, betting on investment returns over wage growth. Growing wages— and incorporating

more informally employed workers into the formal social security system—will increase pay as you go contributions. Prefunding capital pools to invest in stock, on the other hand, shifts the burden onto current workers and is not guaranteed to gain high rates of return. Viewed in the context of broader economic reform, China must raise incomes if it is to be able to sustainably rebalance its economy away from over-reliance on investment-led growth. Continuing to integrate migrant workers into the formal economy and increase wages in the growing service sector will lead to some wage growth and increase pension contributions. Pension fund investment returns are not guaranteed to grow faster than wages, as scholars have pointed out. Thus, it is very possible, according to Renmin University's Li Zhen, that "a funded pension plan is more expensive than pay-as-you-go". Even pro-market reformers who support long term pension integration into the market caution against the risks of relying on market investment in the near term.

Investing surplus basic pension funds into stock markets and other investment vehicles puts financialisation ahead of defragmenting the system. Investment of surplus funds currently generating negative real rates of return could bring more money into the system, thereby alleviating fiscal pressure and providing more space for other priorities such as lowering pension contribution rates. Yet it creates yet another paradox: areas that are already struggling have less surplus to invest; funds must be used to first cover current retirees before a portion of what is left can be invested. The only areas with significant and growing surpluses are those, like coastal manufacturing hubs, which already do not face a pension crisis.

Financialisation that precedes integration is an example of policy efforts to indirectly improve the system without having to address decentralisation. Centralised pooling of basic pension funds would be the most direct way to fix the largest structural imbalances created by decentralisation, but continues to face political resistance. Having seemingly reached the limits of directly addressing systemic inequality and unsustainability, policies will try to overcome decentralisation indirectly, hoping to make fragmentation and inequality less important, often relying on market returns. These policies, however, will potentially exacerbate the gap between rich and poor (both for people and for localities). It therefore remains to be seen whether they will improve the system, or worsen problems.

CONCLUSION

The financial and administrative decentralisation that was a key factor in China's rapid economic growth after economic reform and opening up in the late 1970s continues to define the modern pension structure, despite efforts to break free of its legacy. The system has developed from a loose collection of enterprise retirement systems into larger municipal or provincial pools, but centralisation or equalisation efforts have stalled because of the legacy of decentralised development. Alternatives to national pooling seek to make pensions more financially sustainable while delaying or avoiding having to address the question of systemic fragmentation; a positive environment for pro-market reforms gives new life to these policies, which include investing basic pension funds in the market.

The most likely solution, ultimately, is time. Population age structures will, over generations, shift back towards balance: areas with large numbers of young workers will have to support them when they get old and become pensioners. Assuming many of these workers receive retirement benefits from where they work (contingent on social insurance pools covering workers regardless of where they live, or hukou reform that allows them to become

full residents of where they work), places like Guangdong will, in 20 to 30 years, have a large elderly population to care for as their workforce ages. The financial system, too, is in its infancy, and likely to continue to mature and stabilise. Thus, the question is: can China's pension system wait that long? If the country's workforce ages before it can allow natural forces of development and demographics to work through the legacy of decentralisation, it seems likely that China would get old before it can rebalance the pension system.

附录二 模型运算代码

Matlab(R2018b)运行 BP 神经网络:

```
% 设置定量指标
P=[23014.59 14113.58 6969.52 3161.66;
    3.01 3.07 1.09 0.9;
    26.2 20.9 26.7 28.2;
    7.96 7.48 6.29 6.2;
    39200 24982 14662 8820];
T=[0.684 0.707 0.668 0.67];
% 数据标准化处理
[p1,minp,maxp,t1,mint,maxt]=premnmx(P,T);
% 创建网络
net=newff(minmax(P),[5,6,1],{'tansig','tansig','purelin'},'trainglm');
% 设置训练次数
net.trainParam.epochs = 10000;
% 设置收敛误差
net.trainParam.goal=0.0000001;
% 训练网络
[net,tr]=train(net,p1,t1);
% 输入预测所需指标数据
a=[14113.58;3.07;20.9;7.48;24982];
% 将输入数据归一化
a=premnmx(a);
% 放入到网络输出数据
b=sim(net,a);
% 将得到的数据反归一化得到预测数据
c=postmnmx(b,mint,maxt)
```

Matlab(R2018b)运行 Leslie 矩阵:

```
% 设置 WBS 矩阵
W=[110.8531 110.8004 107.9937 110.6267 107.6811 104.7822 108.6074 111.4579
112.5090 108.4152 102.5418 96.2432 92.1735 89.4535 91.7286 94.2951 91.5343
80.8901 67.7844 48.7792 57.0690];
B=[0.0000 0.0000 0.0000 0.027926533 0.090843418 0.152137674 0.149704938
0.13371779 0.106507773 0.11275207 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000];
S=[0.9994 0.9999 0.9998 0.9999 0.9998 0.9998 0.9997 0.9995 0.9993 0.9989 0.9984
0.9972 0.9938 0.9901 0.9821 0.9676 0.9384 0.8984 0.7879 0.7141 0.5135];
leslie1=zeros(21,21);
leslie1(1,1:21)=B(1,1:21);
for i=1:20
    leslie1(i+1,i)=S(1,i);
```

```

end
%输入女性初始人口结构
xw0=[329254;233732;238952;597099;1255297;1146446;843045;817267;757949;758
199;659349;589134;369782;268340;269550;191713;99856;41333;11392;2510;406];
%输入预测时间
T=2050;
%进行预测
k=(T-2010)/5;
xwk=(leslie1^k)*xw0;
xk=zeros(21,1);
for i=1:21
    xk(i,1)=xwk(i,1)/(100/(W(1,i)+100));
end
%输出预测结果
xk

```

Stata(MP14.0)运行回归分析:

```

name: <unnamed>
log: C:\Users\25269\Desktop\毕业论文设计\3. 数据分析汇总\养老金收支预测
> 模型\回归分析.smcl
log type: smcl
opened on: 21 Feb 2020, 16:26:24

. import excel "C:\Users\25269\Desktop\毕业论文设计\3. 数据分析汇总\养老金收支预
> 测模型\北京市收入支出相关数据.xlsx", sheet("回归分析") firstrow

```

```
. summarize
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Time	15	2011	4.472136	2004	2018
X	15	8	4.472136	1	15
Y1	15	16708.7	7810.896	6033.21	30319.98
Y2	15	5797.361	2664.923	2362.333	10592.25

```
. tabstat Y1 Y2 X,statistics(N mean sd min max skewness kurtosis)
```

stats	Y1	Y2	X
N	15	15	15
mean	16708.7	5797.361	8
sd	7810.896	2664.923	4.472136
min	6033.21	2362.333	1
max	30319.98	10592.25	15
skewness	.2610221	.3459727	0
kurtosis	1.857555	1.830744	1.789286

```

. .
. gen lnX=ln(X)

. gen lnY1=ln(Y1)

. .
. gen lnY2=ln(Y2)

. reg lnY1 X,vce(robust)

```

```

Linear regression              Number of obs   =          15
                              F(1, 13)         =        652.07
                              Prob > F          =         0.0000
                              R-squared          =         0.9854
                              Root MSE       =         .0644

```

lnY1	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
X	.1141761	.0044712	25.54	0.000	.1045166	.1238356
_cons	8.695462	.0419697	207.18	0.000	8.604792	8.786132

```
. reg lnY2 lnY1 X,vce(robust)
```

```
Linear regression               Number of obs   =           15
                                F(2, 12)         =       2987.29
                                Prob > F          =         0.0000
                                R-squared         =         0.9970
                                Root MSE      =         .02866
```

lnY2	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnY1	.3672157	.1155725	3.18	0.008	.1154049	.6190265
X	.0664946	.0133107	5.00	0.000	.0374931	.0954961
_cons	4.498944	1.001679	4.49	0.001	2.316472	6.681416

```
. test lnY1 X
```

```
( 1) lnY1 = 0
( 2) X = 0
```

```
F( 2, 12) = 2987.29
Prob > F = 0.0000
```

```
. display e(r2_a)
.99652337
```

```
. log close
```

```
name: <unnamed>
```

```
log: C:\Users\25269\Desktop\毕业论文设计\3. 数据分析汇总\养老金收支预测
> 模型\回归分析.smcl
log type: smcl
closed on: 21 Feb 2020, 17:00:23
```

致谢

笔者承谢远涛老师悉心指导，在经历了资料与数据收集、文献整理、文章整体构思、模型建立与改进等众多步骤后，对本论文进行了认真撰写和数次修改，终于完稿。在推进本文的研究进程中，笔者承蒙诸位老师、家人、朋友以及同学的关心与支持，在这里要向他们表达诚挚的感谢。

最深的谢意要献给我的导师谢远涛教授。在我的本科毕业论文撰写期间，谢老师从研究课题的选择到文稿的修改都投入了大量的时间和精力，不仅根据本文研究主题对我进行了详尽的讲解，还时刻与同学们保持密切联系，及时跟进论文进度，并对我的论文内容进行了耐心指导和详尽修改。谢老师不仅在学业上对我的研究学习能力提供了很大帮助，同时也在生活上关心我的毕业去向和人生规划，并为我提供中肯且详细的经验建议，其严谨的学术态度和关爱学生的无私精神我将永远铭记。在此，我谨向谢老师表示最深重的感激。

同时，我要感谢我的父母，在我的撰写过程中一直默默支持我。在我的人生中，有你们的家永远是我的后盾。感谢你们教会我坦荡善良，懂得感恩，感谢你们在生活上对我的照顾，在情感上对我的宽容和在学业上对我的鼓励。

感谢我的挚友和校友们对我的支持和帮助，特别鸣谢张含蓄、邱恬、曹一凡、王欣怡等同学，有机会与这些优秀的同窗们不断交流、共同进步是我最大的幸运。感谢分别已五月有余的男友和久未谋面的挚友们，即便身处异地，他们的帮助和关心仍让我倍感温暖。祝大家都能够平安喜乐，前程似锦。

最后，感谢对外经济贸易大学为本文的撰写提供充足的文献资源和良好的学习环境，感谢四年来为我传道授业解惑的各位老师，感谢学校工作人员的辛勤付出，也感谢疫情期间所有医护人员和社区工作人员的尽职工作。

感谢各位的帮助，也谢谢自己一直以来的努力。心虽抱憾但血仍未凉，我愿相信前方是光，并为此追随一生。

王秋缘
2020年3月