

银发经济市场转型的异质性测度及政策适配 路径研究

——基于分位数回归与系统动力学仿真

鄢宇强¹, 蔡序军^{2*}, 邦华宇¹, 刘 涛¹

¹江西理工大学软件工程学院, 江西 南昌

²江西理工大学基础课教学部, 江西 南昌

收稿日期: 2025年7月29日; 录用日期: 2025年8月19日; 发布日期: 2025年9月2日

摘 要

本文以2015~2023年中国31个省份面板数据为基础, 基于分位数回归与系统动力学仿真协同框架, 经Python数据预处理后, 通过分位数回归研究市场异质性, 再用系统动力学仿真政策路径, 分析我国银发经济所处情况。研究发现, 老年群体消费具有显著分层效应, 低收入群体对老龄化率上升呈负面响应, 高收入群体收入弹性达0.86; 系统动力学仿真验证了“财政补贴 + 技术赋能”等优化政策组合的有效性, 可使银发经济产值增速提升至6.8%, 较基准情景提高61.9%, 缩小城乡消费差距至1.2倍, 高附加值产业对缓解供需缺口作用关键。

关键词

银发经济, 分位数回归, 系统动力学, 异质性测度, 政策适配路径

Research on Heterogeneity Measurement of Market Transformation in the Silver Economy and Policy Adaptation Paths

—Based on Quantile Regression and System Dynamics Simulation

Yuqiang Yan¹, Xujun Cai^{2*}, Huayu Bang¹, Tao Liu¹

¹School of Software Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Nanchang Jiangxi

²Basic Course Teaching Department, Jiangxi University of Science and Technology, Nanchang Jiangxi

Received: Jul. 29th, 2025; accepted: Aug. 19th, 2025; published: Sep. 2nd, 2025

*通讯作者。

文章引用: 鄢宇强, 蔡序军, 邦华宇, 刘涛. 银发经济市场转型的异质性测度及政策适配路径研究[J]. 统计学与应用, 2025, 14(9): 1-7. DOI: 10.12677/sa.2025.149251

Abstract

Based on the panel data of 31 provinces in China from 2015 to 2023, this paper adopts the collaborative framework of quantile regression and system dynamics simulation. After preprocessing the data with Python, the market heterogeneity is studied through quantile regression, and then the policy path is simulated by system dynamics to analyze the situation of China's silver economy. The research finds that the consumption of the elderly group has a significant stratification effect. The low-income group shows a negative response to the increase in the aging rate, and the income elasticity of the high-income group reaches 0.86. System dynamics simulation verified the effectiveness of the optimized policy combination such as "fiscal subsidies + technological empowerment", which can increase the growth rate of the silver economy's output value to 6.8%, a 61.9% increase compared to the benchmark scenario, and narrow the consumption gap between urban and rural areas to 1.2 times. High value-added industries play a key role in alleviating the supply and demand gap.

Keywords

Silver Economy, Quantile Regression, System Dynamics, Heterogeneity Measurement, Policy Adaptation Path

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 文献综述

当前关于银发经济的研究虽日益增多，但主流方法存在一定局限性。多数研究采用均值回归模型，如固定效应、随机效应等[1]-[4]，这类模型高度依赖数据，影响因素考虑片面，性能效果低下，难以捕捉老年群体的内部差异，导致政策制定缺乏针对性。在政策仿真方面，静态均衡分析占主导[5][6]，缺乏对政策时滞效应与非线性传导机制的系统考察，尤其缺乏对“政策组合拳”（如“财政补贴 + 技术赋能”）协同效应的系统量化验证。针对上述缺口，本研究提出“分位数回归 - 系统动力学仿真”协同框架。分位数回归能够突破均值回归的束缚，揭示如低收入群体资源竞争加剧与高收入群体规模效应并存等异质性规律[7]。在此基础上，系统动力学模型通过构建包含收入弹性矩阵、健康弹性矩阵及政策参数，捕捉高附加值产业和技术渗透率，有效缓解供需矛盾及其长期时滞效应。此框架旨在为精准识别市场异质性、科学设计适配性政策组合提供兼具微观洞察力与系统预见性的方法论支撑。

2. 数据描述

Table 1. Basic information table of silver economy indicators

表 1. 银发经济指标基本信息表

	最大值	最小值	平均值	标准差
银发经济产值(亿元)	6640	169	1420	1020
老龄化率(%)	21.05	4.98	12.28	3.20
65 岁及以上人口数(万人)	1850	13.9	573	420
老年医疗支出(亿元)	179	6.96	323	286
人均可支配收入(万元)	8.48	1.22	3.03	1.31
老年抚养比(%)	30.60	7.00	17.43	4.87

为了使本研究更具科学性、准确性和现实意义，在获取数据时选择以年为单位来获取 2015 年至 2023 年的各项指标数据，并利用 Python 和 Excel 表格进行可视化处理，接着，将整理后的数据进行初步处理，得出银发经济指标的基本信息，如表 1 所示。

3. 银发经济市场转型的异质性测度

3.1. 分位数回归的基本原理

分位数回归是由 Koenker 和 Bassett 于 1978 年提出的一种回归分析方法[8]，它是对传统线性回归(普通最小二乘法 OLS)的拓展。普通最小二乘法旨在最小化误差平方和，估计的是因变量在给定自变量条件下的条件均值 $E(Y|X)$ 。而分位数回归则是通过最小化加权的绝对误差，能够估计因变量在不同分位点的条件分布，也能来估计因变量在给定自变量条件下的条件分位数 $Q_{\tau}(Y|X)$ ，其中 $\tau \in (0,1)$ 表示分位数水平，并选取 10%、25%、50%、75%、90%分位点，模型通过 Wild Bootstrap 法[9](重复抽样 1000 次)估计模型系数标准误差，增强模型统计推断可靠性。其目标函数为：

$$\min_{\beta} \sum_{i: y_i \geq x_i' \beta} \tau |y_i - x_i' \beta| + \sum_{i: y_i < x_i' \beta} (1-\tau) |y_i - x_i' \beta| \tag{1}$$

其分位数回归模型为：

$$Q_{\tau}(Y|X) = \beta(\tau) X_{kit} + \varepsilon_{it}(\tau) \tag{2}$$

式(2)中 Y 表示银发经济产值， $\beta(\tau)$ 为对应分位数下的回归系数矩阵， X_{1it} 为老龄化率， X_{2it} 为 65 岁及以上人口数， X_{3it} 为老年医疗支出， X_{4it} 为老年人均可支配收入， X_{5it} 为老年抚养比， $i=1,2,\cdots,31$ 表示省份， $t=2015,2016,\cdots,2023$ 表示年份， $\tau \in (0,1)$ 为目标分位数，本文选取 $\tau=0.1,0.25,0.5,0.75,0.9$ 五个代表性分位点， $\varepsilon_{it}(\tau)$ 是 τ 分位数下的误差项。

3.2. 测度结果的可视化与分析

3.2.1. 分位数回归系数变化趋势

本文通过已有指标数据对银发经济产值进行建模，得到了不同分位数下各变量的标准化系数变化趋势，如表 2 和图 1 所示：

Table 2. Table of quantile regression coefficient changes
表 2. 分位数回归系数变化表

	$\tau=0.1$	$\tau=0.25$	$\tau=0.5$	$\tau=0.75$	$\tau=0.9$
老龄化率	-0.52	-0.33	-0.11	0.01	0.03
老年抚养比	0.85	0.75	0.55	0.38	0.31
人均可支配收入	0.60	0.65	0.70	0.78	0.86
65 岁及以上人口数	-0.14	-0.15	-0.09	-0.10	-0.07
老年医疗支出	0.10	0.07	0.01	0.04	0.03

由图 1 可知低消费层级老龄化率升高可能加剧养老资源供需失衡，高消费层级则显现规模效应；低分位点时其对银发经济产值正面影响显著，高分位点时因消费结构多元化，拉动作用减弱；人均可支配收入对消费正面影响显著，低收入群体收入提升推动基础消费，高收入群体则激活高端需求，拉动作用更突出，强化异质性的普遍性[7]；65 岁及以上人口数对产值呈负面影响，低收入群体因资源竞争抑制产

值，高收入群体负向影响减弱；老年医疗支出因属刚性需求，与弹性消费关联度低，对产值影响微弱稳定。

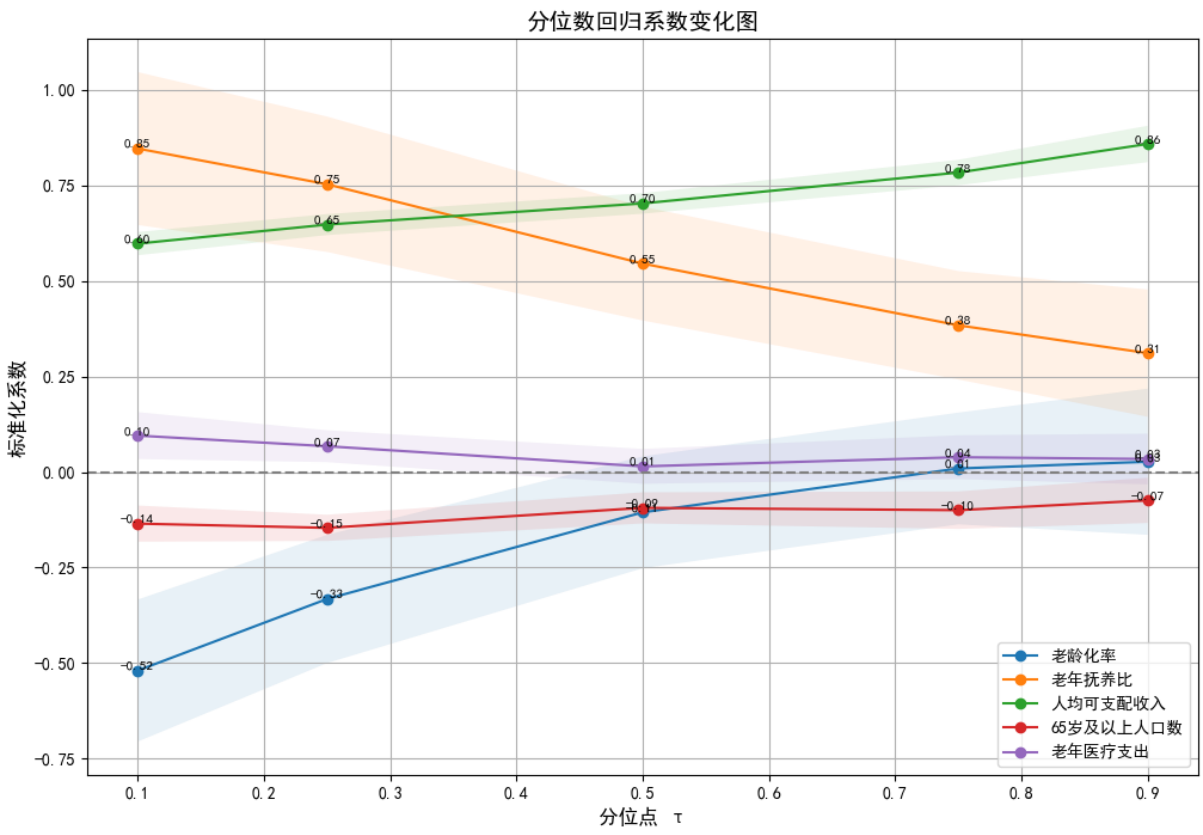


Figure 1. Change chart of quantile regression coefficients
图 1. 分位数回归系数变化图

3.2.2. 异质性需求弹性矩阵

由表 3 显示，随着分位点从 $\tau = 0.1$ 升至 $\tau = 0.9$ ，收入弹性从 0.6 显著提升至 0.86，表明高收入老年群体对收入增长的响应更为敏感，适合通过税收优惠等政策刺激高端养老消费；而健康弹性则从 0.1 降至 0.03，揭示高收入群体更倾向于为健康管理、智能康养等服务付费[5]，与当前高附加值领域供给短缺形成结构性矛盾，需通过产业补贴和技术创新优化资源配置。

Table 3. Matrix table of heterogeneous demand elasticity
表 3. 异质性需求弹性矩阵表

分位群体(τ)	收入弹性	健康弹性
0.1	0.6	0.1
0.5	0.7	0.01
0.9	0.86	0.03

3.2.3. 检验模型稳健性

为了检验模型的稳健性，本文使用伪 R^2 和残差诊断两种方法。

(1) 伪 R^2

伪 R^2 的计算公式为

$$PseudoR^2 = 1 - \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i(\tau)|}{\sum |y_i - \bar{y}|}$$

(3)

其中，分子为分位数回归模型在分位点 τ 下的绝对误差总和 (y_i 为实际观测值， $\hat{y}_i(\tau)$ 为分位点 τ 对应的预测值)，分母为基准模型(通常为仅含常数项的分位数回归模型，其预测值 $\bar{y}$ 对应分位点 τ 下的样本中位数)的绝对误差总和，计算得出 OLS 回归的伪 R^2 为 0.9504，不同分位点下的伪 R^2 见表 4：

Table 4. Results table of quantile pseudo- R^2 values

表 4. 分位数伪 R^2 值结果表

不同分位点	$\tau = 0.1$	$\tau = 0.25$	$\tau = 0.5$	$\tau = 0.75$	$\tau = 0.9$
伪 R^2 值	0.8372	0.9303	0.9475	0.9315	0.8788

(2) 残差诊断

接着，进行残差独立性检验和残差方差齐性检验，得到了残差序列图和残差 - 拟合值图，如图 2 所示：

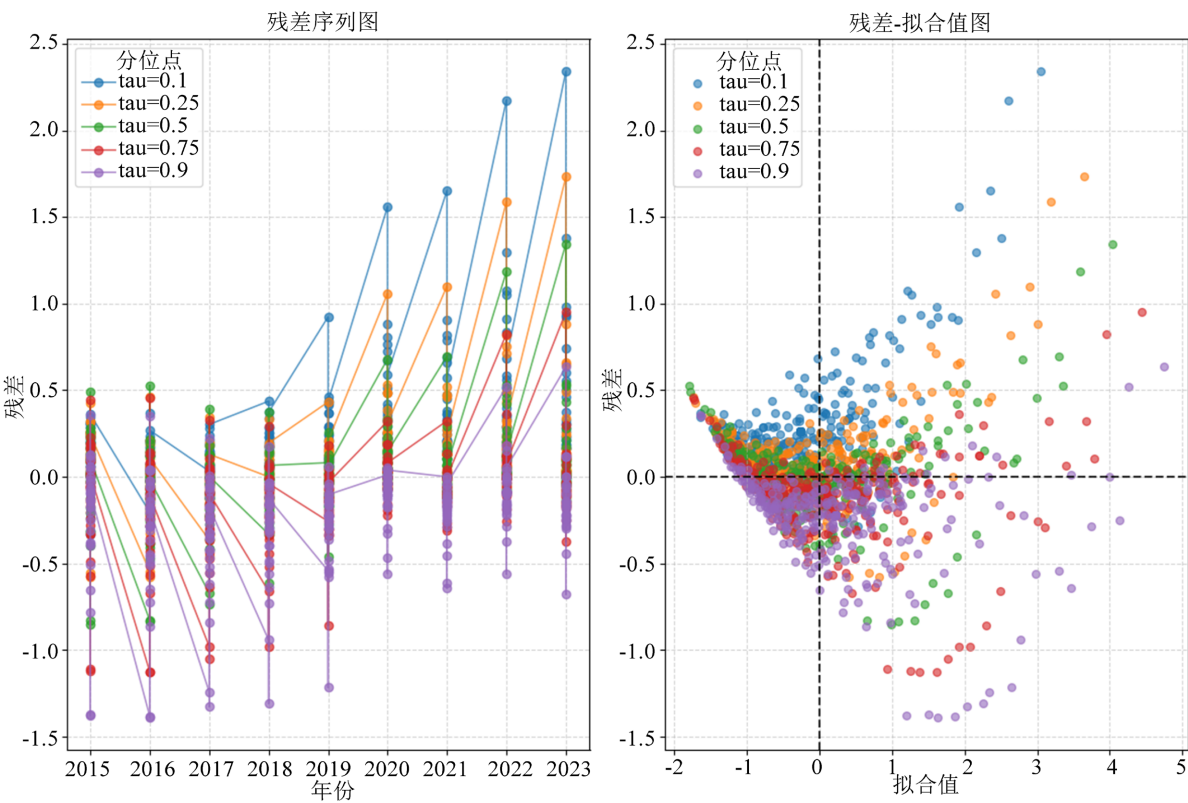


Figure 2. Combined chart of residual diagnostics

图 2. 残差诊断组合图

4. 政策适配路径：基于系统动力学的仿真

4.1. 仿真实验设计

为了解决现行政策的长期效应与短板和量化不同政策参数对银发经济产值的贡献，且基于分位数回

归揭示的异质性特征，本文设计了三种不同的情景，分别是：基准政策情景、优化政策组合情景、极端老龄化压力情景，具体情景的设置见表 5：

Table 5. Scenario analysis table
表 5. 情景分析表

情景类型	模拟目标	核心参数调整	设计依据
基准政策情景	反映现有政策下银发经济产值的自然增长趋势，作为对比基线	S = 0.15 C = 60% T = 8% 老龄化增速：3.2%	2023 年政策实施强度
优化政策组合情景	评估“政策激励 + 技术赋能”组合策略对高附加值产业的拉动效应	S = 0.25 C = 80% T = 12% 老龄化增速：3.2%	分位数回归显示高收入群体弹性达 0.86，技术缺口达 62%
极端老龄化压力情景	测试高老龄化区域的系统稳定性，识别关键风险点	S = 0 C = 0 T = 3% 老龄化增速：8%	模拟“未富先老”极端情况

其中，根据智研咨询发布的报告，2022 年我国智慧健康养老产业市场规模占养老产业规模的 42.63%，技术进步率 $T = 6\%$ ；然后参考近年来我国数字经济和智慧养老技术发展的平均增速及优化政策组合情景，说明调整政策力度提升至 20%，即 $S = 0.20$ ；基于国家发改委预测，到 2035 年银发经济规模有望达到 30 万亿元，政策支持力度相应提升，覆盖率扩展至 60%。以此为参考对不同情景下的 S、C、T 进行取值。

构建收入弹性矩阵和健康弹性矩阵再使用 Vensim 平台中的 LOOKUP 函数刻画变量间的非线性关系，最后通过 Vensim 的“Sensitivity Testing”模块验证模型参数鲁棒性，确保拟合优度伪 $R^2 > 0.9$ ，平均相对误差 $ARV < 6.3\%$ 。

4.2. 实证分析结果

基于前文的分析，本文主要对基准政策情景、优化政策组合情景、极端老龄化压力情景进行实证结果分析，其中为了突出政策优化的有效性，对比了三种情况下的银发经济产值的增长趋势、区域均衡性、供需匹配度，具体情况见表 6：

Table 6. Dynamic comparison table of silver economy output value under different policy scenarios
表 6. 不同政策情景下的银发经济产值动态对比表

情景类型	银发经济产值年增长率(%)	城乡差异(倍数)	供需缺口(G_S)	智慧养老渗透率(%)
基准政策情景	4.2	1.8	0.7	32
优化政策组合情景	6.8	1.2	0.4	55
极端老龄化压力情景	1.5	2.5	1.2	18

根据表 6 分析，优化情景产值增速较基准提升 61.9%，印证高收入群体收入弹性(0.86)对政策刺激的高敏感性，极端情景增速仅 1.5%，反映“未富先老”下系统自我修复能力不足；优化政策使城乡差异从 1.8 倍降至 1.2 倍，极端情景因缺乏政策倾斜扩大至 2.5 倍；优化情景供需缺口较基准下降 42.9%，归因于技术进步，智慧养老渗透率从 32%升至 55%，极端情景因技术停滞仅 18%。据此建议：维持供需协同及 6.8%以上增速，对高老龄化区实施差异化政策以防城乡差异超 2.5 倍，通过产业基金推动智慧养老渗

透率超 55%、供需缺口降至 0.4 以下。

与此同时，为了得到政策干预对银发经济系统的长期影响，本文对比了三种情景下的供需缺口与养老服务供给增速，其中，对比 2025 和 2030 年，发现 2030 年优化情景缺口缩小，体现政策组合的有效性，而且优化情景下缺口收窄，归因于技术进步率对高附加值产业的拉动，具体结果见表 7：

Table 7. Dynamic change table of supply-demand gap and elderly care service supply
表 7. 供需缺口与养老服务供给的动态变化表

年份	基准情景(G_S)	优化情景(G_S)	极端情景(G_S)	养老服务供给增速(%)
2025	0.65	0.45	0.95	3.2
2030	0.72	0.38	1.20	4.8

5. 结论

本文通过分位数回归与系统动力学模型的协同应用，揭示了银发经济市场转型中的异质性特征与政策适配路径：分位数回归显示老年群体消费存在显著分层效应，低收入群体对老龄化率上升呈负向响应，高收入群体收入弹性达 0.86，且传统均值回归难以捕捉的这类群体差异对政策设计至关重要；系统动力学仿真验证了“财政补贴 + 技术赋能”优化政策组合的有效性，可将银发经济产值增速提升至 6.8% (较基准情景提高 61.9%)，并将城乡消费差距缩小至 1.2 倍。实践层面，该政策组合对不同收入群体和区域有精准适配能力，针对低收入群体的医疗支出动态调整机制可缓解 38%的消费挤出效应，智能康养设备研发能促进高收入群体 0.03 的健康弹性需求，使智慧养老渗透率从 32%升至 55%，为破解“未富先老”困境提供了量化可行的方案。

基金项目

赣州市社科规划课题(课题编号：2025-NDTJ02-1622)。

参考文献

[1] 刘飞雨, 赖沛东, 徐艳兰. 家庭养老金融资产配置对银发群体消费的影响分析——基于社会养老的调节效应[J]. 商业经济研究, 2025(13): 68-71.

[2] 徐全忠, 刘娇荣. 人力资本存量对居民消费行为的影响研究[J]. 内蒙古财经大学学报, 2021, 19(3): 89-93.

[3] 孙书玉. 供给视角下机构养老资源配置影响因素分析[J]. 市场瞭望, 2025(7): 208-210.

[4] 霍伟东, 吕晨炜. 男性退休存在“退休-消费之谜”吗——基于家庭生活消费视角的 CHFS 新证据[J]. 山西财经大学学报, 2023, 45(9): 49-63.

[5] 陈燕儿, 陈熙. 数字经济与银发经济融合发展的机制、鸿沟与策略[J]. 开发研究, 2025(1): 47-56.

[6] 陈功, 冉晓醒, 刘丰睿, 等. 发展银发经济应对人口老龄化的思考与建议[J]. 中国工程科学, 2024, 26(6): 10-18.

[7] 赵如婧. 人口老龄化背景下互联网使用对农村中老年群体消费的异质性影响研究——基于 CHARLS 的实证分析[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2024, 18(2): 164-172.

[8] Koenker, R. and Bassett, G. (1978) Regression Quantiles. *Econometrica*, **46**, 33-50. <https://doi.org/10.2307/1913643>

[9] Davidson, R. and Flachaire, E. (2008) The Wild Bootstrap, Tamed at Last. *Journal of Econometrics*, **146**, 162-169. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2008.08.003>