

清远市出生率影响因素分析与ARIMAX预测

李奕骏

广西师范大学数学与统计学院, 广西 桂林

收稿日期: 2026年7月24日; 录用日期: 2026年8月15日; 发布日期: 2026年8月25日

摘要

出生率作为人口统计的重要指标, 体现着当前的人口动态与未来的发展趋势, 同时也关系到劳动力的供应、经济的增长潜力、社会的养老负担乃至整个国家的竞争力等等。自推行计划生育政策以来, 我国的生育率发生了根本性的变化, 计划生育政策是导致我国人口出生率大幅度降低的重要因素。本次论文选取了清远市2005~2024年的各项数据, 期间政策不断变换。此次研究加入了政策因素等虚拟变量进行考虑, 在分析各项经济和人口指标与出生率的相关性的同时, 通过加入虚拟变量采用ARIMAX模型以此对2025~2028年的出生率进行更准确的预测, 并以2025年的真实出生率与预测出生率作出对照, 以证实模型的准确性。

关键词

出生率, 经济, 人口, ARIMAX, 时间序列

Analysis of Factors Influencing the Birth Rate in Qingyuan City and ARIMAX Prediction

Yijun Li

School of Mathematics and Statistics, Guangxi Normal University, Guilin Guangxi

Received: July 24, 2026; accepted: August 15, 2026; published: August 25, 2026

Abstract

As a key demographic indicator, the birth rate reflects current population dynamics and future trends, while also bearing on labor supply, economic growth potential, social old-age support burdens, and even national competitiveness as a whole. Since the implementation of the family planning policy, China's fertility level has undergone fundamental changes, with the policy being a major

factor contributing to the substantial decline in the country's birth rate. This study selects various data from Qingyuan City over the period 2005~2024, during which the policy underwent several adjustments. In this research, dummy variables, including policy factors, are incorporated for consideration. While analyzing the correlations between various economic and demographic indicators and the birth rate, the ARIMAX model with dummy variables is employed to produce more accurate predictions of the birth rate for 2025~2028. The actual birth rate of 2025 is then compared with the predicted value to validate the model's accuracy.

Keywords

Birth Rate, Economy, Population, ARIMAX, Time Series

Copyright © 2026 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. 引言

1.1. 研究背景与意义

出生率作为衡量人口结构的核心指标，是全球各国共同关注的焦点。放眼全球，我们能够发现日本、意大利、德国和韩国等国家都在出生率这一问题上遇到了挑战。以日本为例，日本的人口老龄化以及出生率的下滑已经持续多年。自上世纪 80 年代末开始，日本的出生率便呈现了下滑的趋势，对日本的经济发展和人口结构产生了深刻的影响。同样地，意大利也面临着相似的状况，意大利的出生率长期低于能够维持人口平衡的水平，为其发展带来了压力。这些国家的经历告诉我们，出生率不只是一个数字这么简单，它反映了一个国家社会、经济、文化等多方面的状态。而我国现在也遭遇了出生率下降这一问题。下降的趋势一旦放任它持续下去，我们可能很快就会面临与日本、意大利等国家相似的社会问题 and 经济挑战。这些国家由于出生率下降引起的问题为我们以及世界各国都敲响了警钟。因此，研究影响出生率的各种因素，审视并预测其变化就具有一定的现实意义。这不仅能够帮助我们深入了解人口问题，还能为解决人口问题提供一些参考建议[1]。本论文以经济和人口结构作为切入点，决定先研究经济和人口方面的相关因素。

研究预测出生率不仅能够影响到国家的长远规划发展，还会影响到社会经济的各个方面。比如社会保障体系规划、教育资源配置、劳动力市场分析、经济发展策略调整、公共卫生服务准备以及城市规划与发展。

总的来说，研究并预测出生率能够对国家和社会的发展起到正向作用，通过提供这样的基础数据支持，使国家各项政策和规划有据可依，更能贴合公民的实际需求，有利于国家繁荣社会稳定。

1.2. 国内外研究现状

由于别国比我国更早出现出生率下降的问题。因此国外学者对于人口出生率的研究是早于我国的。例如，在 19 世纪中期，英国著名的人口学家 Thomas Robert Malthus [2]开始深入探讨此一议题，其著作《人口论》在当时社会上引起了不小的轰动。Easterlin (1975) [3]在其研究中提出了分析生育率的“供给-需求”框架，指出家庭收入、消费品价格等多种因素会通过对孩子的“供给”和“需求”产生影响，进而作用于生育率。Boucekkine [4]等学者研究表明，人口出生率与经济增长呈倒 U 型关系。J. Grant [5]等

的研究结果表明,欧洲国家人口自然增长率已进入缓慢或显著下降的阶段,并且老年人口持续增加,而劳动力人口则在减少。此外,大多数欧洲国家的净移民仍然很少,这些趋势可能对欧洲经济造成毁灭性后果。

我们拉回到国内的视野,近年来,国内学者运用计量经济学方法对出生率的影响因素进行了大量实证研究,为本研究提供了重要的方法论参考和比较基准。

在人口结构因素方面,国内已有研究普遍认为人口年龄结构是影响出生率的基础性变量,而育龄妇女数量和年龄结构是核心因素。

在政策因素方面,学界对政策效应的评估日趋深入。葛润和施新政(2023) [6]利用“双重差分法”发现,“全面二孩”政策显著提高了家庭生育可能性,政策贡献了 2016~2018 年平均每年 14.8%的新生儿。刘嘉桐(2025) [7]基于 31 个省市数据进一步发现,“全面二孩”政策实施后前三年出生率平均提高 0.787%,但中长期效应递减,且“全面三孩”政策整体呈负向影响,反映出生育政策边际效应递减的基本规律。汪伟等(2020) [8]基于 CFPS 数据的研究则发现,“单独二孩”政策对单独家庭的二孩生育行为未产生显著影响。

在突发性公共卫生事件方面,原新,张圣健(2022) [9]等人研究发现:生育率在灾难事件发生短期内会受挫下降,灾难事件恢复中期内回升反弹,灾后长周期内则回归灾难事件前的变动大趋势。该研究还指出,灾难事件范围越广、波及人口越多且致死率越高,生育率波动越剧烈。上述研究为本文设置突发公共卫生事件与推迟效应相关虚拟变量提供了直接的理论依据。

1.3. 研究目标

清远市坐落于我国广东省的北部,是粤北生态圈的重要组成部分。据广东省地区生产总值统一核算结果,2025 年清远市地区生产总值(初步核算数)为 2317.47 亿元,比上年增长(下同)4.5%。其中,第一产业增加值 370.97 亿元,增长 6.0%;第二产业增加值 789.98 亿元,增长 3.7%;第三产业增加值 1156.52 亿元,增长 4.6%。三次产业结构比重为 16.0:34.1:49.9。人均地区生产总值 58,188 元,增长 4.7%。

2025 年末户籍人口 449.26 万人,比上年减少 2.94 万人,下降 0.7%,其中男性人口 233.42 万人、女性人口 215.84 万人。全年户籍出生人口 3.62 万人,出生率 7.94‰;死亡人口 2.70 万人,死亡率 5.91‰;自然增长人口 0.93 万人,自然增长率 2.03‰。年末常住人口 397.64 万人,其中城镇常住人口 236.70 万人,占常住人口比重(常住人口城镇化率) 59.53%,比上年末提高 1.30 个百分点。

此外,必须提到广东省的人均 GDP 为 113,769 元。清远市的人均 GDP 约为全省平均水平的一半;常住人口城镇化率 59.53%,低于全省 76.58%的平均水平约 17 个百分点。作为粤北欠发达地区,清远在广东省的经济版图中处于相对边缘的位置——GDP 总量仅占全省的 1.59%,面临珠三角城市强劲的人口虹吸效应。2025 年清远户籍人口约 452.2 万人,户籍出生率 8.89‰,略高于全省 7.82‰的平均水平,但适龄婚育人口的持续外流使本地出生率面临长期下行压力。这种“经济相对落后、人口持续外流、出生率低位运行”的格局,使清远成为观察粤北地区人口变局和区域发展不平衡问题的典型样本。

正是基于这样的背景下,研究并预测出生率才显得格外重要。

清远市近 20 年的出生率从 2005 年(10.10‰)开始逐渐升高,到 2017 年达到顶点(16.01‰)然后逐年下降直到 2023 年(8.10‰)降到最低。直到 2024 年(8.89‰)有一点小反弹。

本次论文收集了经济和人口方面相关数据,并引入一些政策影响、龙年效应、突发性公共卫生冲击和推迟效应这些虚拟变量。探索各项数据与出生率的关系,并在这些虚拟变量的影响下,使用 ARIMAX 模型预测 2025~2028 年的出生率。最后用 2025 年的真实出生率数据进行对比来验证模型的准确性。

2. 清远市出生率与各项因素关系分析

2.1. 数据选取说明

本文选取了 11 组可能会影响人口出生率的数据,其中有 GDP(亿)、全体人均可支配收入、全体人均消费支出、城镇人均可支配收入、城镇人均消费支出、农村人均可支配收入、农村人均消费支出、“居民消费价格指数 CPI (上年 = 100)”、常住人口数量、18~34 岁户籍人口数量、女性人数(户籍)。数据完全真实准确,数据来源于清远市统计局。

2.2. 经济因素

国内生产总值(GDP),是一个国家或地区所有常住单位在一个时间区间内进行生产活动所得到的最终成果,可以衡量一个国家或地区的总体经济发展水平。

居民人均可支配收入,是反映居民生活水平的重要指标之一。高人均可支配收入意味着更高的生活水平。清远市农村地区众多,城镇地区相对较少,城镇和农村的可支配收入差距较大,所以本次分开研究。

居民消费价格指数(Consumer Price Index, 简称 CPI)是度量居民消费商品和服务价格水平变动情况的相对数,在一定程度上反映了通货膨胀(紧缩)的程度。

引入了 CPI 这一数据,主要是因为整体社会的消费水平如果较低,那育儿成本也就较低,当育儿水平降低时,一些经济水平不那么高的家庭也能够承担育儿所带来的支持,排除了经济这一重要因素,人们的生育欲望相信也会有所提高。

2.3. 社会因素

首先是常住人口,既然是出生率那就必定跟人口离不开干系。但是与出生率更有关系的人口也应该区分开来。所以特别统计了 18~34 岁的户籍人口数量,当然最佳的数据应是 18~34 岁的女性人口数量,但是没有办法收集到该数据,于是选用了 18~34 岁的户籍人口数量作为下位替代。这个年龄段是女性生育最主要的年龄段,其他年龄段的女性人口可以说是基本与出生率没有关系,只在出生率计算的时候充当分母。而大部分的分子就取决于这一年龄段的女性人口数量。但为了严谨还收集了全市户籍的女性人数,来参与本次建模。

2.4. 虚拟变量因素(外生变量)

本次模型引进了 4 个虚拟变量,分别是:龙年效应、政策影响、突发性公共卫生冲击、推迟效应。

龙年效应:关于龙年效应对出生率的影响,学术界存在不同观点。在港澳台及海外华人地区,大量研究证实了龙年出生率的显著上升。Goodkind (1991) [10]最早报告了其研究目标地区龙年出生率的暂时性大幅上升; Vere (2008) [11]在其研究目标地区的研究也发现龙年出生人数显著增加; Beam 和 Shrestha (2020) [12]基于马来西亚的研究进一步发现,华人群体在龙年的出生率上升了 14.3%,而同地区的非华人群体则下降了 1.9%。然而, Tan (2025) [13]基于我国宏观数据的研究则发现,龙年出生率有时不升反降,1988 年、2000 年和 2012 年分别下降了 4%以上和 9%;马妍(2010) [14]则认为从全国层面看并不存在显著的生肖偏好,出生人口波动更多源于人口惯性。在机制层面, Mocan 和 Yu (2020) [15]的研究表明龙年效应更多是生育时间的“转移”而非“创造”——约 6.7%的出生被从龙年前一周调整到龙年开始后一周。

而在此次研究中,清远市龙年效应系数为+0.235,表明在控制其他因素后,龙年文化偏好仍对出生率存在显著的正向脉冲作用。

政策影响:我国的计划生育于 2002 年 9 月 1 日起正式实施。2013 年 11 月 12 日提出了“启动实施

一方是独生子女的夫妇可生育两个孩子的政策”。2015 年 10 月 29 日又提出了“全面实施一对夫妇可生育两个孩子政策”(“全面二孩”政策)并于 2016 年 1 月 1 日起正式实施。到 2021 年 5 月 31 日,又提出“实施一对夫妻可以生育三个子女政策及配套支持措施”至今。而在 2013 年提出的“单独二孩”政策在当时全国范围内遇冷,已有充分的证据表明“单独二孩”对于出生率的影响效果有限。例如根据 2014 年、2015 年调查数据推断,“单独”一孩育龄妇女占全部一孩育龄妇女的比例在 10%左右,“单独”二孩政策目标人群在 1500 万以内。2015 年“单独”一孩育龄妇女生育二孩总量在 50 万左右,远低于国家卫计委 200 万左右的预期(王广州, 2017) [16]。在政策实际效果方面,2015 年出生人口总数为 1655 万,比 2014 年减少 32 万,多位人口学者指出“单独二孩政策确实已经遇冷”。汪伟等(2020) [8]基于 CFPS 数据的实证研究进一步证实,“单独二孩”政策对单独家庭的二孩生育行为没有产生显著影响,支持了“单独遇冷”的学界共识。相比之下,刘嘉桐(2025) [7]的研究发现,“全面二孩”政策实施后的前三年,出生率平均提高 0.787%。上述证据表明,2014~2015 年出生率的变化主要并非由“单独二孩”政策驱动,因此本文将政策虚拟变量的起点设定为 2016 年全面二孩政策正式实施之时,具有充分的实证依据。

突发性公共卫生冲击:2020 年至 2022 年期间的突发性公共卫生事件对人口的出生产生了负面的影响。它不是简单的单一因素,而是一种复杂的“化合物”。举一个很简单的例子,在事件期间,我国的防控政策是非常严密的。人们的社交方式、社交空间被极大地压缩。“非必要不出门”一度是全国各地人民响应突发性公共卫生事件防控的态度。此外,社交的隔离和经济的不稳定也催生了推迟结婚的结果。而对于已育家庭,他们更加不愿意去承担风险像之前一样进行他们的生育计划,而是把这一计划无限期推迟,直到恢复以往正常的生活。这两个“推迟”共同造成了出生人口的加速减少。总的来说,突发性公共卫生事件的出现,在中国出生数量持续走低的背景下,进一步压低了生育水平,加速了出生人口数量下行。近年来中国出生人口的加速下降,正是突发性公共卫生事件带来的“推迟效应”与长期下降趋势叠加的结果。

推迟效应:自 2022 年 11 月起,我国突发性公共卫生事件防控政策开始密集调整。2022 年 12 月 7 日“新十条”发布后,防控工作重心从“防感染”转向“保健康、防重症”。

因此,预测在这次公共卫生事件后的 2023 至 2025 年会有一定数量的补偿性生育,生育率和出生人口可能有小幅回升。

因此,本次模型将 2023 年被设定为推迟效应的起点,以此反映突发性公共卫生事件防控政策调整后社会经济生活恢复正常,可能带来的生育行为补偿效应。

3. ARIMAX 模型

3.1. ARIMAX 模型定义与原理

ARIMAX 模型是在标准的 ARIMA 模型的基础上,引入了外生变量而来的。ARIMAX 模型的构成包含了三个核心部分:自回归(AR)部分、差分(I)部分、移动平均(MA)部分,以及新增的外生变量部分(X)。

1) 自回归(AR)部分:表示当前值与过去若干时刻的值之间的线性关系,通过捕捉时间序列中的自相关来预测当前值。

2) 差分(I)部分:用于处理非平稳时间序列,通过差分操作消除时间序列中的趋势部分,使其变得平稳,以便应用 ARMA 模型。

3) 移动平均(MA)部分:表示当前值与之前若干时刻的预测误差(残差)之间的线性关系,用于建模时间序列中随机波动的影响。

4) 外生变量部分:这是 ARIMAX 模型与标准 ARIMA 模型的主要区别。外生变量是指那些影响时间序列但不受时间序列本身影响的变量。在 ARIMAX 模型中,这些外生变量被纳入预测方程,以提高预

测的准确性。例如此模型的外生变量(虚拟变量)就是龙年效应、政策影响、突发性公共卫生冲击、推迟效应四个变量。

引入外生变量,是因为它允许模型利用更多的相关信息来提高预测精度。而标准的 ARIMA 模型主要专注于时间序列本身的历史数据。显然出生率不适用于这样的模型,只研究历史数据是无法理解出生率的变化。而 ARIMAX 模型则能够结合外部因素,更全面地捕捉影响时间序列变化的各种因素,在处理复杂系统或受多种因素影响的时间序列中发挥出色。

3.2. ARIMAX 模型的数学表示

ARIMAX 的数学模型可以表示为(王燕, 2015) [17]:

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^k \frac{\Theta_i(B)}{\Phi_i(B)} B^{l_i} x_{i,t} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Phi(B)\varepsilon_t = \Theta(B)a_t \quad (2)$$

对出生率序列先进行二阶差分($d=2$)后建模,其中:

y_t 为因变量(出生率)在时间 t 的取值;

$x_{i,t}$ 为第 i 个外生变量在时间 t 的取值;

μ 为常数项;

$\Theta_i(B)$ 和 $\Phi_i(B)$ 分别为第 i 个外生变量的自回归和移动平均系数多项式;

B^{l_i} 为延迟算子, l_i 为第 i 个外生变量的延迟阶数;

ε_t 为回归残差序列,服从 ARMA 模型;

$\Phi(B)$ 和 $\Theta(B)$ 分别为残差序列的自回归和移动平均系数多项式;

a_t 为零均值白噪声序列,且 $a_t \sim WN(0, \sigma^2)$ 。

本研究构建的模型为 ARIMAX (1, 2, 1), 表示: 因变量受其滞后 1 期值的影响($p=1$), 经过二阶差分实现平稳($d=2$), 并包含滞后 1 期的移动平均项($q=1$), 同时纳入多个外生变量。

3.3. ARIMAX 模型的选择以及建模步骤

ARIMAX 模型的优势在于能够将回归分析与时间序列分析整合在同一个框架内,这么做不仅能利用外生变量提高预测精度,还能通过 ARIMA 部分捕捉到因变量自身的变化规律。与纯 ARIMA 模型相比,ARIMAX 的优势是,它能够通过引入外生变量以此避免对单一序列趋势的过度依赖;与多元回归相比,ARIMAX 的优势是,它能够处理序列自相关和非平稳性问题,避免伪回归问题的发生。

但是 ARIMAX 模型总归不是完美的。我们需要注意的是,ARIMAX 模型中外生变量系数的解释要谨慎。这是因为方程右侧包含因变量的滞后项,而系数 β 并非外生变量对因变量的直接边际效应,而是在控制因变量历史值条件下的条件效应。因此,本研究的重点放在模型的整体预测能力,而不对单一系数进行精确解读。

以下是本论文的建模步骤:

1) 数据准备:本次建模收集了清远市 2005~2024 年数据,通过相关性分析筛选出 18~34 岁户籍人口、人均可支配收入这两个变量,并构建了龙年效应、政策影响、突发性公共卫生冲击和推迟效应这四个虚拟变量。

2) 平稳性检验与差分处理:本次建模做了 ADF (增广迪基-福勒检验)检验($p=0.554$),发现序列非平稳,通过观察差分图以确定二阶差分($d=2$)。

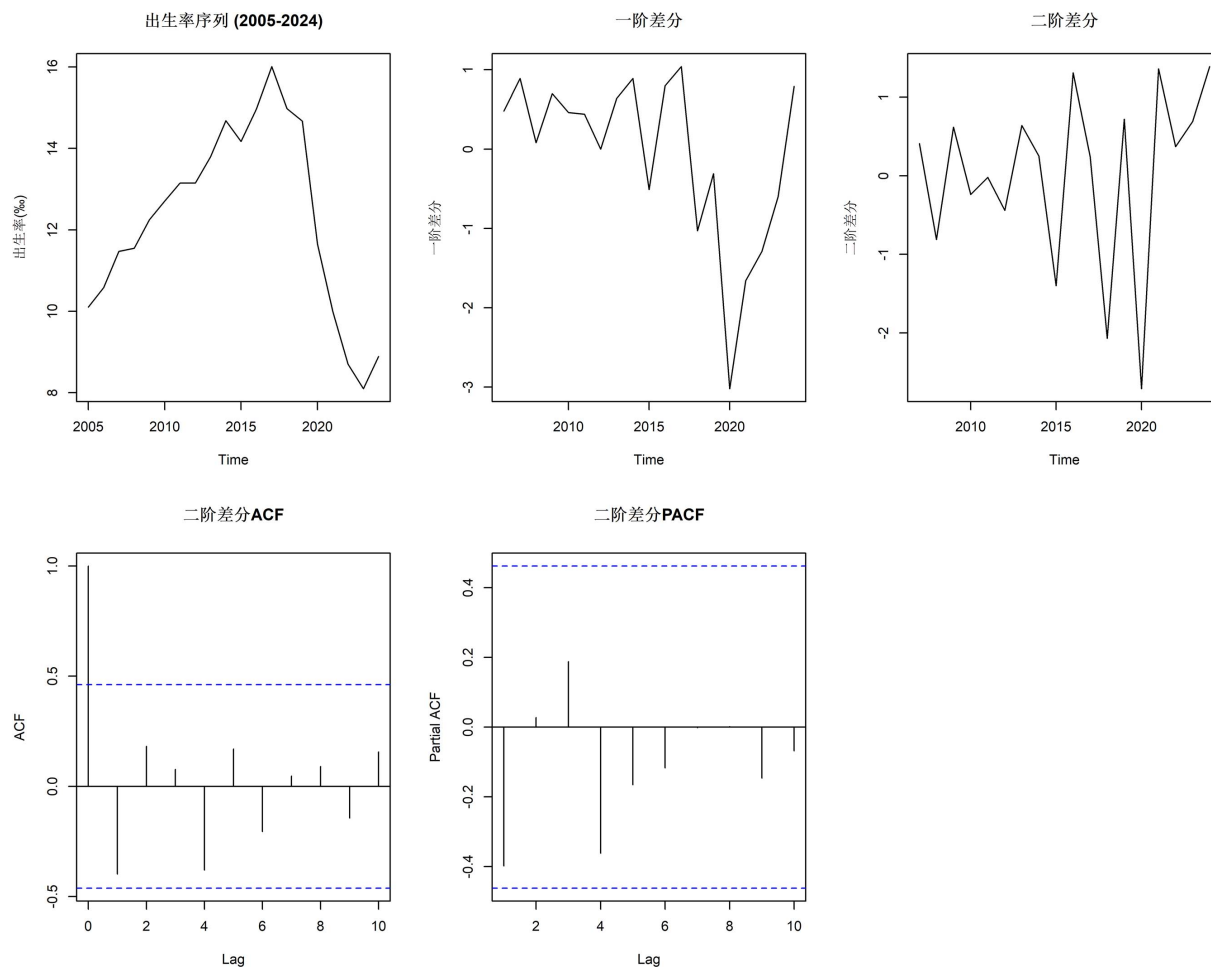


Figure 1. ACF and PACF plots for order determination

图 1. ACF/PACF 定阶图

3) 模型定阶：如图 1 所示，本次建模绘制了 ACF(自相关函数)和 PACF(偏自相关函数)图，确定 $p = 1$ 、 $q = 1$ ，最终设定为 ARIMA (1, 2, 1)。

4) 参数估计：本次建模用 ARIMA ()函数对模型进行拟合，采用极大似然估计(MLE)，输出了各变量的系数。

5) 模型诊断：本次建模做了 Ljung-Box 检验($p = 0.0656$)、VIF (方差膨胀因子)检验、残差 ACF 图和 Q-Q 图，验证模型通过。

6) 模型筛选：构建了 5 个递进模型(ARIMA 基准→人口 + 经济→龙年效应→政策影响→全模型)，以 AIC (赤池信息准则)最小为标准选出全模型。

7) 预测与检验：用 2025 年出生率数据做样本外验证(模型与实际误差为 4.0%)，然后预测 2026~2028 年的出生率。

4. 建模结果

4.1. 结果展示与说明

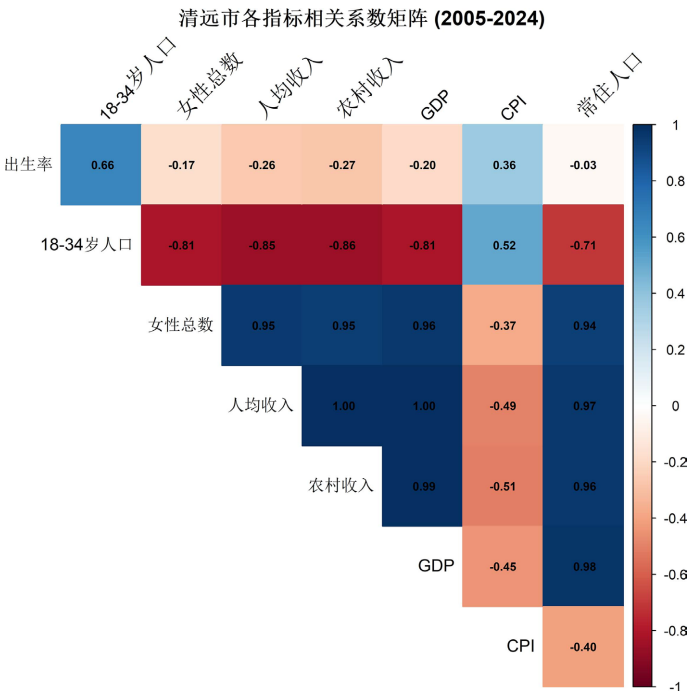
在构建 ARIMAX 模型之前，本文第一步是通过 Pearson 相关分析，对一开始收集的数据中各个变量

与出生率之间的关联强度进行分析，以此作为变量筛选的初步依据。

Table 1. Correlation coefficients
表 1. 相关系数表

变量	18~34 岁户籍人口	CPI	常住人口	女性户籍人数	GDP	人均可支配收入	农村人均可支配收入
相关系数	+0.658	+0.362	-0.031	-0.173	-0.200	-0.261	-0.272

表 1 展示了各变量与出生率的相关系数。结果显示，18~34 岁户籍人口数量与出生率的相关系数最高($r = 0.658$)，说明适龄婚育群体的规模大小是影响清远市出生率的首要因素，这是符合预期的。GDP ($r = -0.200$)、人均可支配收入($r = -0.261$)和农村收入($r = -0.272$)与出生率均呈弱负相关，个人认为几项数据是有点反直觉，意味着三个经济指标上涨了而出生率反而下降，这可能说明现在居民对生育成本的考量已经不太能影响到生育意愿了。当然可能是数据不足或者是地区特色，暂时无法确定。也有可能说明经济因素对出生率的解释力相对有限。CPI ($r = 0.362$)与出生率呈弱正相关，可能与消费价格水平对生育成本的间接反应有关。常住人口($r = -0.031$)与出生率几乎无相关性，可能是该地区的常住人口变化并不集中在适龄婚育群体这一年龄段。女性人数($r = -0.173$)与出生率呈弱负相关，这意味着非适龄婚育女性人数相对 18~34 岁女性数量是增加的。相关系数热力图如图 2 所示。



注：颜色越深表示相关性越强，红色为正相关，蓝色为负相关。

Figure 2. Correlation heatmap of variables
图 2. 相关系数热力图

上述相关分析结果为后续 ARIMAX 模型的外生变量选择提供了初步依据。
在变量筛选的基础上，本文进行第二步，即构建了五个递进模型进行 AIC 比较，以确定最优模型结

构。模型 1 为仅含 ARIMA 项的基准模型，模型 2 加入人口结构和经济变量，模型 3 进一步加入龙年效应，模型 4 加入政策效应，模型 5 纳入全部外生变量(全模型)。

Table 2. Model selection
表 2. 模型筛选表

模型	ARIMA 基准	人口 + 经济	龙年效应	政策影响	全模型
AIC	57.58	61.37	63.36	62.17	55.96
较基准模型变化	——	+3.79	+5.78	+4.59	-1.62

表 2 展示了各模型的 AIC 值。结果显示，全模型的 AIC 最低(55.96)，显著低于 ARIMA 基准模型(57.58)，说明纳入人口结构、经济水平、龙年效应、政策效应和突发性公共卫生事件及推迟效应等多维外生变量后，模型拟合优度得到明显改善。这里进行一个可能是必要的解释。突发性公共卫生事件影响看似在表格内没有提及，实际上是因为全模型里面就是加入了突发性公共卫生事件以及推迟效应才构成了全模型，特此解释以免产生误解。基于以上结果，本文选择全模型作为最终模型进行后续分析与预测。

表 3 展示了最优 ARIMAX (1, 2, 1)模型的参数估计结果。

Table 3. Model coefficients
表 3. 模型系数表

变量	AR1	MA1	18~34 岁户籍人口数量	全体人均可支配收入
系数	-0.1294	-1.0000	0	-0.0006
变量	龙年效应	政策影响	突发性公共卫生冲击	推迟效应
系数	+0.2354	+1.3820	-2.7460	-3.1490

在外生变量方面：

政策虚拟变量的系数为+1.3820，表明“全面二孩”政策使出生率平均提高约 1.38‰。

龙年虚拟变量的系数为+0.2354，验证了龙年生育偏好的存在，龙年使出生率提高约 0.24‰。

突发性公共卫生冲击虚拟变量的系数为-2.7460，是所有外生变量中负向影响最大的，表明 2020~2022 年的突发性公共卫生事件使出生率显著下降了约 2.7460‰。

推迟效应虚拟变量的系数为-3.1490，由于该变量(2023~2024 年)与政策变量(2016 年起)在时间上存在高度重叠，使得这次的 ARIMAX 模型难以精确分离两者的独立效应，因此这一系数结果不能说明补偿效应本身是负向的。

社会经济方面：

18~34 岁户籍人口和人均可支配收入的系数分别为 0 和-0.0006，其中 18~34 岁户籍人口系数为 0，但是它并不意味着该变量对出生率没有影响(与出生率相关系数为+0.658)。而是二者之间强正相关的意思。而他系数为 0 的含义是它与人均可支配收入之间存在较强的共线性(VIF = 16.05)，导致该模型无法精准区分二者对出生率的贡献。因此把这部分的效应归入了收入变量，所以 18~34 岁户籍人口的影响应结合相关系数(r = 0.658)共同判断，不能单一地看其模型系数。

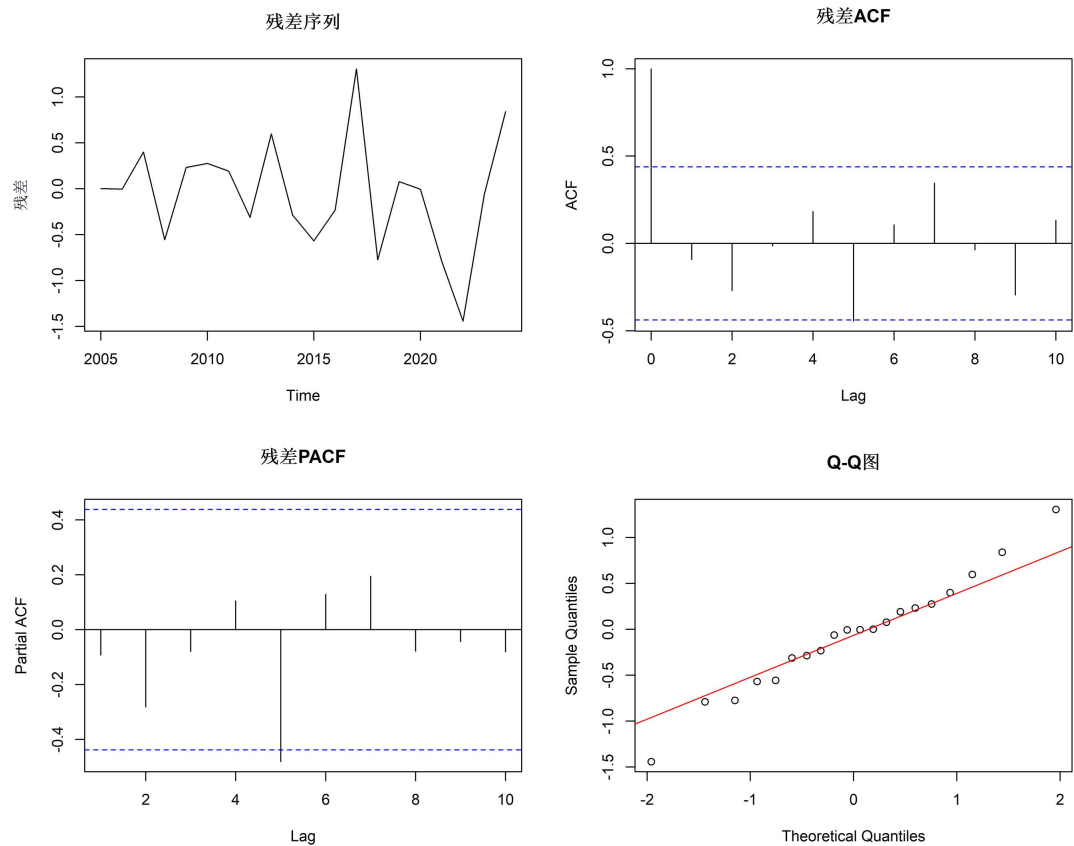
为确保模型设定的合理性，本文对最优模型(全模型)的残差序列进行了诊断检验。Ljung-Box 白噪声检验结果显示，残差序列的 Q 统计量对应的 p 值为 0.0656。

表 4 汇总了模型的各项诊断指标。

Table 4. Model summary
表 4. 模型信息汇总

项目	最优模型	ARIMA 阶数	AIC	Ljung-Box 检验(p 值)	训练集 MAPE (平均绝对百分比误差)	样本外验证 误差	数据范围	验证集
结果	全模型	(1, 2, 1)	55.96	0.0656	3.84%	4.0%	2005 年~2024 年	2025 年

在 5%的显著性水平下， $p = 0.0656 > 0.05$ ，不能拒绝“残差为白噪声”的原假设，残差通过检验。这表明模型已充分提取数据中的有效信息，残差不存在显著的自相关。残差诊断图如图 3 所示。



注：(a) 残差序列；(b) 残差 ACF；(c) 残差 PACF；(d) Q-Q 图。

Figure 3. Residual diagnostic plots
图 3. 残差诊断图

Q-Q 图显示残差点大致分布在参考线附近，表明残差近似服从正态分布。综上，模型的残差诊断结果良好，模型设定合理。

为检验模型的预测泛化能力，本文以 2025 年作为样本外验证集。具体做法是：先用 2005~2024 年数据拟合模型，然后预测 2025 年出生率，再与 2025 年真实值进行对比。

表 5 展示了样本外验证结果。

Table 5. Out-of-Sample validation
表 5. 样本外验证

真实值	预测值	绝对误差	相对误差
7.94‰	8.258‰	0.318‰	4.0%

模型预测 2025 年清远市出生率为 8.258‰，与真实值 7.94‰相比，绝对误差为 0.318‰，相对误差仅为 4.0%。在时间序列预测中，相对误差低于 5%通常被认为预测精度良好。因此，可以认为本模型具有良好的预测稳健性和泛化能力。

在通过样本外验证的基础上，本文利用最优 ARIMAX 模型对 2026~2028 年清远市出生率进行预测。为获得预测期的外生变量值，本文首先对 18~34 岁户籍人口和人均可支配收入两个连续变量进行外推预测。

表 6 展示了 2025~2028 年外生变量的预测值。

Table 6. Exogenous variable forecasts
表 6. 外生变量预测值

年份	2025	2026	2027	2028
18~34 岁户籍人口(人)	933,029	897,631	862,234	826,836
人均可支配收入(元)	34,720	36,374	38,028	39,682

表 6 的结果显示，18~34 岁户籍人口将从 2025 年的 933,029 人持续下降至 2028 年的 826,836 人，年均减少约 3.5 万人；人均可支配收入将从 34,720 元持续上升至 39,682 元。

将上述外生变量预测值代入最优 ARIMAX 模型，得到 2026~2028 年清远市出生率的预测结果。表 7 展示了具体预测值及其 95%置信区间。

Table 7. Forecast results
表 7. 2026~2028 年预测结果

年份	2026	2027	2028
预测值(‰)	7.98	7.69	7.39
95%置信区间	[5.65, 10.31]	[4.82, 10.56]	[4.04, 10.75]

预测显示，2026 年出生率为 7.98‰，2027 年为 7.69‰，2028 年为 7.39‰，呈现温和下降态势。95% 置信区间随预测期延长逐步扩大，从 2026 年的[5.65, 10.31]扩大至 2028 年的[4.04, 10.75]，反映了时间序列预测中不确定性累积的基本规律。

图 4 直观展示了清远市出生率的历史趋势与预测结果。

蓝色实线为 2005~2024 年历史值，红色虚线为 2025~2028 年预测值，红色阴影区域为 95%置信区间，绿色菱形标记点为 2025 年真实值(验证点)。由图可见，模型对历史数据的拟合效果良好，预测趋势与历史趋势衔接自然。2025 年验证点位于预测置信区间内，进一步验证了模型的有效性。

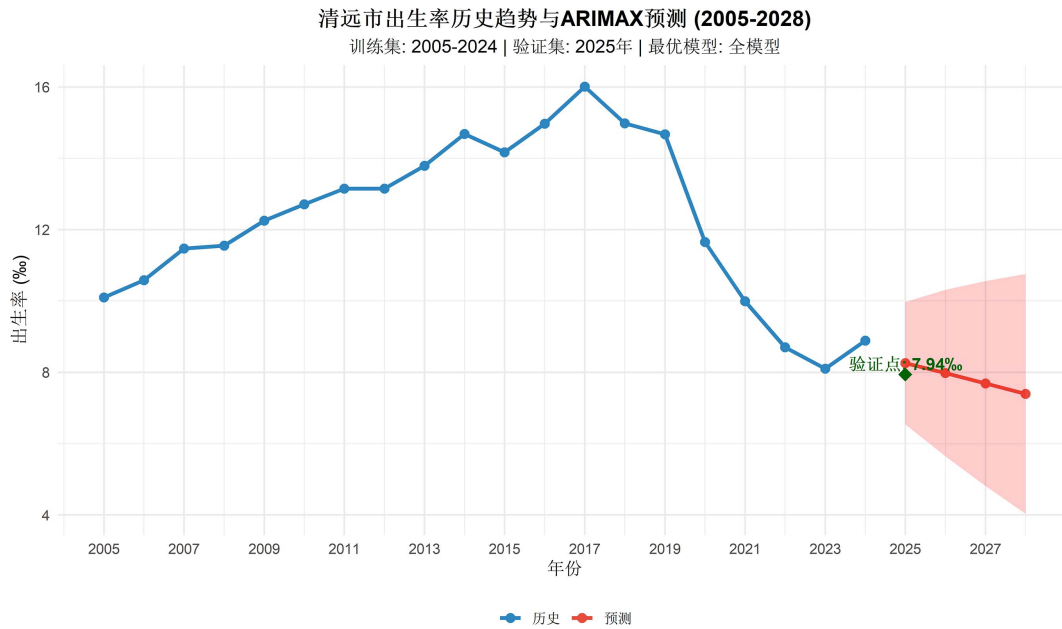


Figure 4. Historical trend and ARIMAX forecast of birth rate in Qingyuan City (2005~2028)
图 4. 清远市出生率历史趋势与 ARIMAX 预测图

值得注意的是，本模型的预测结果远高于仅使用出生率自身历史趋势外推的 ARIMA 模型预测值 (2026 年为 3.0‰)，表明纳入多维度外生变量后，模型能够更准确地捕捉出生率的变动规律。

4.2. 总结

本章对 ARIMAX 模型的实证结果进行了系统分析。主要发现如下：

- 1) 人口结构是影响清远市出生率的核心因素。18~34 岁户籍人口数量与出生率的相关系数最高($r=0.658$)，远高于经济因素(人均可支配收入 $r=-0.261$)，表明人口结构的解释力远大于经济因素。
- 2) 政策效应和龙年效应显著存在。全面二孩政策使出生率提高约 1.38‰，龙年效应约 0.24‰。
- 3) 突发性公共卫生事件的负面冲击最为突出。2020~2022 年突发性公共卫生事件使出生率下降约 2.75‰，是全部变量中影响幅度最大的因素。
- 4) 模型预测能力良好。2025 年样本外验证误差仅为 4.0%，2026~2028 年出生率预计温和下降至 7.39‰ 左右。

综上，本文构建的 ARIMAX 模型通过了样本外验证，能够对清远市出生率进行有效预测。预测结果显示未来三年出生率将温和下降。

参考文献

- [1] 彭紫瑄. 中国出生率预测与核心影响因素探索[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2024.
- [2] 马尔萨斯. 人口原理[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2018.
- [3] Easterlin, R.A. (1975) An Economic Framework for Fertility Analysis. *Studies in Family Planning*, 6, 54-63. <https://doi.org/10.2307/1964934>
- [4] Boucekkine, R., de la Croix, D. and Licandro, O. (2002) Vintage Human Capital, Demographic Trends, and Endogenous Growth. *Journal of Economic Theory*, 104, 340-375. <https://doi.org/10.1006/jeth.2001.2854>
- [5] Grant, J., Hoorens, S., Sivadasan, S., Loo, M.V.H., Davanzo, J., Hale, L., et al. (2006) Trends in European Fertility: Should Europe Try to Increase Its Fertility Rate... or Just Manage the Consequences? *International Journal of Andrology*,

- 29, 17-24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2005.00634.x>
- [6] 葛润, 施新政. 全面二孩政策如何影响家庭生育决策? [J]. 经济学(季刊), 2023, 23(4): 1392-1407.
 - [7] 刘嘉桐. 我国生育政策调整的实施效果及省际异质性研究[J]. 湖南财政经济学院学报, 2025, 41(6): 28-36.
 - [8] 汪伟, 杨嘉豪, 吴坤, 等. 二孩政策对家庭二孩生育与消费的影响研究——基于 CFPS 数据的考察[J]. 财经研究, 2020, 46(12): 79-93.
 - [9] 原新, 张圣健. 灾难事件对生育率的影响: 历史经验与现实思考[J]. 人口研究, 2022, 46(1): 70-81.
 - [10] Goodkind, D.M. (1991) Creating New Traditions in Modern Chinese Populations: Aiming for Birth in the Year of the Dragon. *Population and Development Review*, 17, 663-686. <https://doi.org/10.2307/1973601>
 - [11] Vere, J.P. (2008) Dragon Children: Identifying the Causal Effect of the First Child on Female Labour Supply with the Chinese Lunar Calendar. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 70, 303-325. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2008.00501.x>
 - [12] Beam, E.A. and Shrestha, S.A. (2020) Superstition, Fertility, and Interethnic Spillovers: Evidence from Peninsular Malaysia. *Economic Development and Cultural Change*, 69, 453-483. <https://doi.org/10.1086/703047>
 - [13] Tan, K.H. (2025) The Dragon Year Paradox: Superstition, Competition, and the Dialectics of Auspicious Birth Timing in Chinese Culture. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17258691>
 - [14] 马妍. 吉年生吉子? 中国生肖偏好的实证研究——基于 1949-2008 年出生人口数[J]. 人口研究, 2010, 34(5): 104-112.
 - [15] Mocan, N. and Yu, H. (2020) Can Superstition Create a Self-Fulfilling Prophecy? School Outcomes of Dragon Children in China. *Journal of Human Capital*, 14, 485-534. <https://doi.org/10.1086/712476>
 - [16] 王广州. 生育政策调整目标人群总量与预期效果再检验[J]. 人口学刊, 2017, 39(6): 5-16.
 - [17] 王燕. 应用时间序列分析[M]. 第 3 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2015: 204.