

# 2000~2021年高、中收入国家的人口因素在人均GDP与婴儿死亡率间的中介效应分析

王洁<sup>1,2</sup>, 李鸿斌<sup>1,2\*</sup>, 冯海娟<sup>2,3</sup>, 王正栋<sup>2,3</sup>, 张小燕<sup>1,2</sup>, 施克芸<sup>1,2</sup>, 李节<sup>1,2</sup>, 印冬珣<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>如皋市妇幼保健计划生育服务中心儿童保健科, 江苏 如皋

<sup>2</sup>如皋市妇幼保健院儿童保健科, 江苏 如皋

<sup>3</sup>如皋市人民医院内科, 江苏 如皋

收稿日期: 2026年4月19日; 录用日期: 2026年5月13日; 发布日期: 2026年5月20日

## 摘要

目的: 论证人均GDP通过人口因素影响婴儿死亡率的间接作用。方法: 基于世界银行数据库的更新数据, 以2000~2021年高、中收入国家的婴儿死亡率为因变量, 人均GDP为自变量, 分别以总生育率、人口密度、超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率为中介变量, 进行中介效应分析。结果: 在高收入国家, 总生育率发挥部分中介效应, 人口密度的中介效应不显著, 超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率均发挥遮掩效应。在中收入国家, 总生育率、人口增长、城镇人口增长率均发挥部分中介效应, 人口密度、超百万城市群的人口均发挥遮掩效应。各中介模型的直接效应均显著。结论: 人口因素的中介效应存在收入国家异质性。建议持续发挥经济发展的主导作用, 同时因地制宜优化人口政策。

## 关键词

婴儿死亡率, 人均GDP, 总生育率, 人口密度, 超百万城市群的人口, 人口增长, 城镇人口增长率

# Analysis of the Mediating Effect of Demographic Factors on the Relationship between per Capita GDP and Infant Mortality Rate in High- and Middle-Income Countries from 2000 to 2021

\*通讯作者。

文章引用: 王洁, 李鸿斌, 冯海娟, 王正栋, 张小燕, 施克芸, 李节, 印冬珣. 2000~2021年高、中收入国家的人口因素在人均GDP与婴儿死亡率间的中介效应分析[J]. 交叉科学快报, 2026, 10(3): 746-755. DOI: 10.12677/isl.2026.103089

Jie Wang<sup>1,2</sup>, Hongbin Li<sup>1,2\*</sup>, Haijuan Feng<sup>2,3</sup>, Zhengdong Wang<sup>2,3</sup>, Xiaoyan Zhang<sup>1,2</sup>, Keyun Shi<sup>1,2</sup>, Jie Li<sup>1,2</sup>, Dongjun Yin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Child Health Care, Rugao Maternal and Child Health and Family Planning Service Center, Rugao Jiangsu

<sup>2</sup>Department of Child Health Care, Rugao Maternal and Child Health Hospital, Rugao Jiangsu

<sup>3</sup>Department of Internal Medicine, Rugao People's Hospital, Rugao Jiangsu

Received: April 19, 2026; accepted: May 13, 2026; published: May 20, 2026

## Abstract

**Objective:** To demonstrate the indirect effect of per capita GDP on infant mortality rate through demographic factors. **Methods:** Based on updated data from the World Bank database, an intermediary effect model was constructed with infant mortality rate in high- and middle-income countries from 2000 to 2021 as the dependent variable and per capita GDP as the independent variable. Total fertility rate, population density, population in urban agglomerations with over one million people, population growth, and urban population growth rate were used as mediating variables, respectively. **Results:** In high-income countries, the total fertility rate played a partial mediating effect, while the mediating effect of population density was not significant. Population in urban agglomerations of over one million, population growth, and urban population growth rate all played a masking effect. In middle-income countries, total fertility rate, population growth, and urban population growth rate all played a partial mediating effect, while population density and population in urban agglomerations of over one million played a masking effect. The direct effects of each mediation model were significant. **Conclusion:** The mediating effects of demographic factors vary across income groups. It is recommended to sustain the leading role of economic development while adopting context-specific population policies.

## Keywords

Infant Mortality Rate, Per Capita GDP, Total Fertility Rate, Population Density, Population of over One Million Urban Agglomerations, Population Growth, Urban Population Growth Rate

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

儿童是人类生存发展的重要战略资源，婴儿死亡关乎家庭幸福、社会和谐。随着经济社会的不断发展，婴儿死亡率总体上呈现下降趋势，经济因素被认为是其关键驱动力之一[1]-[3]。然而，人均GDP对婴儿死亡率的影响并非简单的线性关系，前期研究提出了二者关系变化的“拐点”假设[4]-[7]，将婴儿死亡率的下降历程区分为第一转变前的非积极影响阶段、两次转变间的积极影响阶段、第二转变后的积极影响阶段，在非积极影响阶段，是否通过中间变量发挥类似“桥梁”的作用？在积极影响阶段虽是影响因素，是否还通过中间变量使其效应增强？前期研究发现人均收入或消费支出[8]、相关农业因素[9]是其中间变量。在涉及社会各领域的婴儿死亡率影响因素的复杂系统中[10]，人口相关因素占据着主导地位

[5]-[7], 推测也是人均 GDP 与婴儿死亡率间的中间变量。论证中间变量假设对于探索婴儿死亡率的下降机制、明确投入方向、调整防控策略有一定的意义。本文基于世界银行数据库的更新数据, 以婴儿死亡率为因变量, 人均 GDP 为自变量, 分别以总生育率、人口密度、超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率为中间变量, 构建中介效应模型, 检验人口因素在经济发展与婴儿健康之间的传导路径, 为制定针对性干预措施提供理论依据。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料来源

从世界银行数据库(<https://data.worldbank.org.cn/>)下载资料数据, 包括婴儿死亡率(‰)、人均 GDP (现价美元)、总生育率(女性人均生育数)、人口密度(每公里土地面积人数)、超百万城市群的人口(占总人口的百分比)、人口增长(年度百分比)、城镇人口增长率(年增长率)。婴儿死亡率的最新更新时间为 2024 年 5 月 30 日, 其他指标的最新更新时间为 2024 年 6 月 28 日。根据数据的完整性选择 2000~2021 年高、中收入国家纳入研究。

本文采用世界银行的国家收入分类标准, 该分类仅作为变量收集与分组的分析框架, 不涉及对各国发展水平的价值判断。

### 2.2. 研究方法

#### 2.2.1. 变量的描述性分析

按高收入、中等收入国家分为两类, 再按不同中介变量分组, 分别对各组的变量进行描述性分析, 包括最值、均值、标准差、中位数、峰度、偏度、变异系数等。

#### 2.2.2. 变量数据的预处理

对存在负值的变量进行平移处理, 采用原变量数值 + 常数(常数 = 该变量最小值的绝对值 + 1)构成新变量。再对不同分组的变量进行正态分布检验, 再对分组变量进行时间序列平稳性检验, 还进行变量间相关分析, 人均 GDP 分别与各中介变量间的多重共线性诊断。本文省略了前期预处理的结果。

#### 2.2.3. 变量的自然对数转换

为规避描述性分析及预处理发现的数据异常问题, 对各分组的变量进行自然对数转换。为方便分析表达, 避免回归方程中出现与分析中介效应无关的截距项[11], 对经自然对数转换后的变量再进行中心化处理。

#### 2.2.4. 构建中介效应模型

以自然对数转换后经中心化处理的变量数据为基础, 婴儿死亡率为因变量(Y), 人均 GDP 为自变量(X), 分别以总生育率(M<sub>1</sub>)、人口密度(M<sub>2</sub>)、超百万城市群的人口(M<sub>3</sub>)、人口增长(M<sub>4</sub>)、城镇人口增长率(M<sub>5</sub>)为中介变量(M)。

模型 1:  $Y = cX + e_1$ , 模型 2:  $M = aX + e_2$ , 模型 3:  $Y = c'X + bM + e_3$ , c 为 X 对 Y 的总效应, a 为 X 对 M 的效应, b 为控制 X 影响后 M 对 Y 的效应, c' 为控制 M 后 X 对 Y 的直接效应。e<sub>1</sub>、e<sub>2</sub>、e<sub>3</sub> 为回归残差。中介效应 = 间接效应 =  $a \times b = c - c'$ 。依据中介效应检验流程[11]的五步法进行检验和结果判断。具体步骤从略。

#### 2.2.5. 中介变量的选择依据

本文从人口结构与动态过程两个维度选取五个人口因素作为中介变量, 其理论依据如下: 总生育率

反映生育水平变化对儿童资源配置的影响，是经济发展影响婴儿健康的核心路径；人口密度体现人口空间分布对医疗资源可及性与环境健康的作用；超百万城市群的人口占比表征城市化进程中医疗资源集聚与公共服务压力的双重效应；人口增长反映人口再生产速度对家庭与社会健康投入的稀释或促进作用；城镇人口增长率则体现城镇化进程中基础设施、教育普及与卫生服务改善对婴儿健康的间接影响。上述五个人口因素既受经济发展水平影响，又对婴儿死亡率具有潜在作用，构成了人均 GDP 影响婴儿死亡率的多重人口学中介路径，具有较强的理论合理性和实证研究价值。

### 2.3. 统计学方法

描述性分析、变量的预处理、构建中介模型，同时进行 Bootstrap 抽样(5000)、Sobel 法系数乘积检验，均在 SPSSPRO1.1.28 上进行数据处理。P < 0.05 差异有统计学意义。

## 3. 结果

### 3.1. 不同分组变量的描述性分析

高收入、中收入国家，总生育率分别为 58、104 个国家，1276、2288 个样本点；人口密度分别为 62、102 个国家，1364、2244 个样本点；超百万城市群的人口分别为 37、61 个国家，814、1342 个样本点；人口增长、城镇人口增长率均分别为 62、104 个国家，1364、2288 个样本点。不同分组变量的描述性分析详见表 1。

**Table 1.** Statistical results of descriptive analysis for different grouping variables in high- and middle-income countries from 2000 to 2021

**表 1.** 2000~2021 年高和中收入国家不同分组变量描述性分析的统计结果

类别	分组	变量	样本量	最大值	最小值	平均值	标准差	中位数	峰度	偏度	变异系数
高收入国家	M <sub>1</sub>	Y		37.10	1.50	7.11	5.99	4.90	6.02	2.30	0.84
		X	1276	133711.79	937.30	30011.47	21557.56	24170.84	2.48	1.38	0.72
	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>		4.12	0.81	1.79	0.53	1.66	3.04	1.67	0.30
		Y		37.10	1.40	7.17	6.14	4.80	5.11	2.17	0.86
	M <sub>3</sub>	X	1364	235132.78	937.30	32366.46	27399.88	24904.49	10.93	2.62	0.85
		M <sub>2</sub>		18288.60	2.48	569.60	2285.86	111.81	41.24	6.33	4.01
	M <sub>4</sub>	Y		21.60	1.80	5.45	3.50	4.10	3.53	1.87	0.64
		X	814	103553.84	1621.26	33076.90	19863.40	31699.60	0.40	0.69	0.60
	M <sub>5</sub>	M <sub>3</sub>		100.00	4.36	32.40	20.03	25.73	1.48	1.19	0.62
		Y		37.10	1.40	7.17	6.14	4.80	5.11	2.17	0.86
	M <sub>5</sub>	X	1364	235132.78	937.30	32366.46	27399.88	24904.49	10.93	2.62	0.85
		M <sub>4</sub>		19.36	-4.26	0.88	1.85	0.54	30.76	4.24	2.11
	M <sub>5</sub>	Y		37.10	1.40	7.17	6.14	4.80	5.11	2.17	0.86
		X	1364	235132.78	937.30	32366.46	27399.88	24904.49	10.93	2.62	0.85
	M <sub>5</sub>	M <sub>5</sub>		19.61	-4.17	1.05	1.91	0.78	28.52	4.04	1.83

续表

中收入 国家	M <sub>1</sub>	Y		120.70	2.00	30.68	21.00	23.80	0.83	1.13	0.68
		X	2288	19849.72	137.18	3671.84	2934.36	2864.34	1.83	1.30	0.80
		M <sub>1</sub>		6.64	1.08	3.03	1.21	2.73	-0.42	0.67	0.40
	M <sub>2</sub>	Y		120.70	2.00	31.16	20.92	24.25	0.82	1.13	0.67
		X	2244	19849.72	137.18	3631.86	2932.42	2813.03	1.97	1.34	0.81
		M <sub>2</sub>		1738.19	1.58	138.22	201.57	73.86	18.18	3.75	1.46
	M <sub>3</sub>	Y		120.70	2.00	30.95	21.65	24.50	1.02	1.18	0.70
		X	1342	15765.42	140.78	3576.34	3002.59	2543.68	1.00	1.26	0.84
		M <sub>3</sub>		63.81	2.61	22.25	11.03	19.27	0.47	0.92	0.50
	M <sub>4</sub>	Y		120.70	2.00	30.68	21.00	23.80	0.83	1.13	0.68
		X	2288	19849.72	137.18	3671.84	2934.36	2864.34	1.83	1.30	0.80
		M <sub>4</sub>		11.79	-5.28	1.37	1.22	1.37	5.64	0.43	0.89
	M <sub>5</sub>	Y		120.70	2.00	30.68	21.00	23.80	0.83	1.13	0.68
		X	2288	19849.72	137.18	3671.84	2934.36	2864.34	1.83	1.30	0.80
		M <sub>5</sub>		12.77	-4.98	2.23	1.67	2.22	1.90	0.12	0.75

### 3.2. 中介效应分析

#### 3.2.1. 高收入国家的中介分析

在 5 个回归模型中, 模型 1、模型 2、模型 3 的回归方程的 F 检验差异均有统计学意义(P < 0.05)。

模型 1, c 的回归系数 t 检验差异均有统计学意义(P < 0.05), 按中介效应立论, 见表 2。

模型 2, 模型 3, X→M<sub>1</sub>→Y、X→M<sub>3</sub>→Y、X→M<sub>4</sub>→Y、X→M<sub>5</sub>→Y 路径, a、b 的回归系数 t 检验差异均有统计学意义(P < 0.05), 间接效应显著。X→M<sub>2</sub>→Y 路径, a 的回归系数 t 检验差异有统计学意义(P < 0.05), b 的回归系数 t 检验差异无统计学意义(P > 0.05), Bootstrap 95% 的置信区间包括 0, Sobel 法系数乘积检验差异无统计学意义, 中介效应不显著, 见表 2、表 3。

模型 3, c' 的回归系数 t 检验差异均有统计学意义(P < 0.05), 直接效应均显著, 见表 2。

M<sub>1</sub> 的 ab = (-0.041) × 1.089 = -0.045, 与 c' 同号, 属于部分中介效应, M<sub>3</sub> 的 ab = 0.144 × 0.146 = 0.021, M<sub>4</sub> 的 ab = 0.064 × 1.027 = 0.066, M<sub>5</sub> 的 ab = 0.057 × 1.089 = 0.062, 与 c' 异号, 均属于遮掩效应。

M<sub>1</sub> 的间接效应占总效应的比例 ab/c = (-0.045)/(-0.556) = 8.09%, M<sub>3</sub> 的间接效应与直接效应比例的绝对值|ab/c'| = |0.021/(-0.498)| = 4.21%, M<sub>4</sub> 的间接效应与直接效应比例的绝对值|ab/c'| = |0.066/(-0.621)| = 10.63%, M<sub>5</sub> 的间接效应与直接效应比例的绝对值|ab/c'| = |0.062/(-0.617)| = 10.05%。

**Table 2.** Regression coefficient t-test results of mediation effect models for different groups of high and middle income countries from 2000 to 2021

**表 2.** 2000~2021 年高和中收入国家不同分组中介效应模型的回归系数 t 检验结果

类别	分组	模型 1			模型 2			模型 3					
		c	t	P	a	t	P	b	t	P	c'	t	P
高收入 国家	M <sub>1</sub>	-0.556	-32.793	0.000	-0.041	-4.693	0.000	1.089	24.587	0.000	-0.511	-36.265	0.000
	M <sub>2</sub>	-0.555	-34.225	0.000	0.445	8.561	0.000	0.006	0.707	0.480	-0.558	-33.494	0.000

续表

	M <sub>3</sub>	-0.477	-27.362	0.000	0.144	4.941	0.000	0.146	7.136	0.000	-0.498	-28.995	0.000
	M <sub>4</sub>	-0.555	-34.225	0.000	0.064	10.877	0.000	1.027	14.794	0.000	-0.621	-39.540	0.000
	M <sub>5</sub>	-0.555	-34.225	0.000	0.057	11.753	0.000	1.089	12.670	0.000	-0.617	-38.313	0.000
中收入 国家	M <sub>1</sub>	-0.511	-39.212	0.000	-0.216	-26.257	0.000	1.026	40.732	0.000	-0.289	-25.538	0.000
	M <sub>2</sub>	-0.492	-38.530	0.000	-0.065	-2.062	0.039	-0.094	-11.347	0.000	-0.498	-40.068	0.000
	M <sub>3</sub>	-0.575	-38.015	0.000	0.298	22.687	0.000	0.256	8.337	0.000	-0.652	-37.520	0.000
	M <sub>4</sub>	-0.511	-39.212	0.000	-0.042	-11.976	0.000	1.716	24.589	0.000	-0.439	-36.790	0.000
	M <sub>5</sub>	-0.511	-39.212	0.000	-0.054	-15.741	0.000	1.608	22.602	0.000	-0.423	-34.121	0.000

**Table 3.** The mediation effect test results of Sobel method and Bootstarap sampling method for different mediation models in high and middle income countries from 2000 to 2021

**表 3.** 2000~2021 年高、中收入国家不同中介模型的 Sobel 法和 Bootstarap 抽样法的中介效应检验结果

类别	分组	样本量	中介效应值	Boot SE	Bootstarap 95%CI		Sobel 法	
					下限	上限	z 值	P
高收入国家	M <sub>1</sub>	1276	-0.045	0.012	-0.069	-0.022	-3.748	0.000
	M <sub>2</sub>	1364	0.003	0.003	-0.003	0.010	0.781	0.435
	M <sub>3</sub>	814	0.021	0.005	0.012	0.034	3.931	0.000
	M <sub>4</sub>	1364	0.066	0.008	0.051	0.082	8.239	0.000
	M <sub>5</sub>	1364	0.062	0.007	0.048	0.077	8.316	0.000
中收入国家	M <sub>1</sub>	2288	-0.222	0.010	-0.242	-0.203	-21.726	0.000
	M <sub>2</sub>	2244	0.006	0.003	0.000	0.013	2.012	0.044
	M <sub>3</sub>	1342	0.076	0.010	0.059	0.095	8.022	0.000
	M <sub>4</sub>	2288	-0.071	0.007	-0.086	-0.058	-10.294	0.000
	M <sub>5</sub>	2288	-0.088	0.007	-0.101	-0.074	-12.715	0.000

### 3.2.2. 中收入国家的中介分析

在 5 个回归模型中, 模型 1、模型 2、模型 3 的回归方程的 F 检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。

模型 1, c 的回归系数 t 检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), 按中介效应立论。见表 2。

模型 2, 模型 3,  $X \rightarrow M_1 \rightarrow Y$ 、 $X \rightarrow M_2 \rightarrow Y$ 、 $X \rightarrow M_3 \rightarrow Y$ 、 $X \rightarrow M_4 \rightarrow Y$ 、 $X \rightarrow M_5 \rightarrow Y$  路径, a、b 的回归系数 t 检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), 间接效应显著。见表 2、表 3。

模型 3, c' 的回归系数 t 检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), 直接效应均显著。见表 2。

M<sub>1</sub> 的  $ab = (-0.216) \times 1.026 = -0.222$ , M<sub>4</sub> 的  $ab = (-0.042) \times 1.716 = -0.071$ , M<sub>5</sub> 的  $ab = (-0.054) \times 1.608 = -0.087$ , 与 c' 同号, 均属于部分中介效应。M<sub>2</sub> 的  $ab = (-0.065) \times (-0.094) = 0.006$ , M<sub>3</sub> 的  $ab = 0.298 \times 0.256 = 0.076$ , 与 c' 异号, 均属于遮掩效应。

M<sub>1</sub> 的间接效应占总效应的比例  $ab/c = (-0.222)/(-0.511) = 43.44\%$ , M<sub>4</sub> 的间接效应占总效应的比例  $ab/c = (-0.071)/(-0.511) = 13.89\%$ , M<sub>5</sub> 的间接效应占总效应的比例  $ab/c = (-0.087)/(-0.511) = 17.03\%$ 。M<sub>2</sub> 的间接效应与直接效应比例的绝对值  $|ab/c'| = |0.006/(-0.498)| = 1.20\%$ , M<sub>3</sub> 的间接效应与直接效应比例的绝对值  $|ab/c'| = |0.076/(-0.652)| = 11.66\%$ 。

## 4. 讨论

### 4.1. 高收入国家人口因素的中介与遮掩效应

结果表明,在高收入国家,总生育率发挥部分中介效应,提示人均 GDP 通过总生育率发挥间接作用,使总效应增强。高收入国家人均 GDP 的提高会进一步降低已处于低水平的生育率,而低生育率通常伴随更充分的母婴资源分配和更好的健康照护,从而间接降低婴儿死亡率。间接效应仅占总效应的 8.09%,由于高收入国家的总生育率的下降空间有限,故而中介效应微弱。人口密度的中介效应不显著,提示人均 GDP 没有通过人口密度发挥间接作用,高收入国家人口分布相对均衡,基础设施和医疗服务普及,人口密度对婴儿健康的影响不再显著。

超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率均发挥遮掩效应,提示这 3 个中介变量发挥着抑制效应,使总效应减弱。高收入国家人均 GDP 增长可能导致人口进一步向超大城市聚集、总人口增长(尤其来自移民)以及城镇化率提升,但这些因素可能通过多重路径对婴儿健康产生消极影响。就超大城市集聚而言,已有研究证实,城市化进程伴随的生态足迹扩张、工业化和环境压力可能抵消经济发展对儿童健康的积极效应,Popescu 等对东欧国家 1993~2022 年面板数据的分析发现,生态足迹和工业化水平显著提高了婴儿死亡率,表明城市化带来的环境负担可能对儿童生存产生负面影响[12]。Gemmell 等对全球四个城市的案例研究进一步揭示,以汽车为导向的交通系统、城市系统的压力以及气候变化背景下的快速人口增长,共同导致了儿童权利的多方面侵犯,包括不安全的建成环境、空气污染暴露和有限的户外活动空间[13]。这些研究为高收入国家超大城市集聚的遮掩效应提供了机制解释:经济增长驱动的人口向大城市集中,可能伴随交通拥堵、环境污染、住房紧张和社会不平等加剧,部分抵消了经济发展带来的健康收益。但超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率的间接效应与直接效应比例的绝对值为 4.21%、10.63%、10.05%,说明消极影响虽然存在但影响程度有限。

### 4.2. 中等收入国家人口因素的中介与遮掩效应

结果显示,在中等收入国家,总生育率、人口增长、城镇人口增长率均发挥部分中介效应,提示人均 GDP 通过这些中介变量发挥间接作用,使总效应增强。人均 GDP 的持续提高显著降低总生育率,减缓人口增长,并促进城镇化,这些变化有助于资源更集中投入儿童健康、改善医疗可及性、提升妇女教育水平,从而有效降低婴儿死亡率。总生育率、人口增长、城镇人口增长率间接效应分别占总效应的 43.44%、13.89%、17.03%,说明总生育率的中介效应突出,表明中等收入国家在发展过程中,生育率下降是婴儿死亡率下降的关键路径。

结果还显示,人口密度、超百万城市群的人口均发挥遮掩效应,提示这 2 个中介变量发挥着抑制效应,使总效应减弱。中等收入国家人均 GDP 的提高可能加剧人口地理集中,但快速城市化往往伴随规划不足、城市贫困社区扩张、公共服务短缺等问题,导致人口密度和超大城市规模对婴儿健康产生消极影响,部分抵消发展带来的健康收益。Rangel 等对巴西圣保罗都市区的研究为此提供了直接证据,他们利用热逆温现象作为空气污染的外生工具变量,发现孕期暴露于空气污染显著降低了出生体重、增加了早产风险,并且对胎儿存活率产生显著影响[14]。这一发现揭示了超大城市的交通拥堵和空气污染如何通过损害胎儿健康,抵消经济发展的正向效应。Tebeje 等对 48 个中低收入国家的最新研究进一步阐明了城市内部的不平等问题,发现在这些国家,城市贫困儿童(多居住于贫困社区)的 5 岁以下死亡率、发育迟缓和消瘦发生率显著高于城市非贫困儿童,而疫苗接种覆盖率、急性呼吸道感染就医率和腹泻治疗覆盖率则显著低于城市非贫困儿童[15]。这表明,快速城市化进程中形成的城市内部健康不平等,是超大城市集聚产生遮掩效应的关键机制:经济增长吸引人口向大城市集中,但贫困人口往往聚集于基础设施薄弱的城

市贫困社区，难以获得优质医疗服务和健康生活环境，导致婴儿健康改善不及预期。此外，城市化对儿童健康的影响还通过多种环境路径实现，包括不安全饮水和卫生设施的缺乏、固体燃料使用导致的室内空气污染、以及交通污染暴露等[16]。人口密度、超百万城市群的人口间接效应与直接效应比例的绝对值分别为 1.20%、11.66%，超大城市的影响更值得关注与重视。

### 4.3. 与已有研究的比较分析

有研究显示，1961 年至 2001 年印度尼西亚婴儿死亡率与总生育率同步下降[17]，基于 2004~2015 年巴西 26 个州的固定效应多级面板数据分析表明生育率对婴儿死亡率有积极显著的影响[18]，总生育率不同程度影响着婴儿死亡率[5]-[7]，本文高收入国家的间接效应很低，中收入国家间接效应较高，有必要适时调整和完善生育政策，在经济增长的同时，开展广泛的持久的宣传教育，促进家庭建立正确的生育观念，改进生育行为，从而着力提高总生育率的间接效应。前期的研究显示[5]-[7]，人口密度、超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长在相关国家某些发展阶段中是影响因素，有积极的影响也有消极的影响，这种差异性表现的原因可能与区域内的公共服务及卫生资源的配置程度有关。

### 4.4. 政策启示

在高收入国家，一方面，要优化城市布局与治理，通过区域均衡发展战略分散超大城市人口压力，加强中小城市公共服务能力，减少拥挤和不平等带来的健康风险。一方面，着力改善移民与城镇人口融合，确保人口增长(尤其移民)能平等获得医疗、教育等资源，避免公共服务可及性不均等对婴儿健康的影响。

在中等收入国家，一是要强化生育率中介路径，通过普及教育(尤其女性)、扩大就业机会、提供可及的计划生育服务，进一步降低生育率，增进妇女儿童健康福祉。二是引导健康城市化，城镇人口增长率的中介作用显著，应配套完善城乡基础设施和妇幼保健网络，鼓励中小城市发展，防止人口过度涌入超大城市。三是管理人口增长与结构，利用经济发展窗口期，降低人口增长的同时，投资儿童健康和教育。四是缓解遮掩作用，对超大城市和人口密集地区，重点改善城市贫困社区条件、加强传染病防控、提升基本公共服务覆盖率，减少人口聚集的负面健康影响。

在高、中收入国家中的各个中介模型中，人均 GDP 均发挥着直接作用，且在总效应中起主导作用，充分发挥人均 GDP 的作用应作为降低婴儿死亡率的主要策略。通过大力发展经济，优化经济结构，增加家庭收入，缩小贫富差距，提高生活水平。还要将经济发展成果不断惠及社会各领域，特别是加大卫生投入力度，改善医疗资源，提高公共卫生服务水平，构建并保持高质量妇幼保健体系。促进婴儿死亡率的下降，有效控制婴儿死亡率的低水平持续状态，积极防控反弹抬升波动。

### 4.5. 研究局限性

本文存在以下局限性：首先，尽管采用了面板数据和中介效应模型，但人均 GDP 与婴儿死亡率之间可能存在双向因果关系，即婴儿死亡率的下降也可能促进经济增长(如提升人力资本)，这种反向因果可能导致估计偏误。其次，部分中介变量(如人口增长、城镇人口增长率)与婴儿死亡率之间可能存在遗漏变量问题，例如公共卫生政策、教育水平、环境污染等因素未被纳入模型，可能同时影响中介变量与因变量，产生内生性偏误。此外，受限于数据完整性，不同中介模型的样本量不一致，可能影响结果的稳定性和可比性。未来研究可考虑采用工具变量法(如利用历史经济冲击或政策变革作为工具变量)或动态面板模型(如系统 GMM 估计)以控制内生性问题，进一步验证人口因素在经济发展与婴儿健康之间的中介作用。

## 5. 小结

本研究基于 2000~2021 年世界银行面板数据，采用中介效应模型，系统分析了人均 GDP 通过人口因

素影响婴儿死亡率的间接机制。主要结论如下：

(1) 人均 GDP 在所有模型中均发挥显著直接效应，是降低婴儿死亡率的主导因素，经济发展应作为核心策略持续推进。

(2) 人口因素的中介效应存在收入国家异质性：在高收入国家，总生育率发挥部分中介效应，而超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率均表现为遮掩效应，部分抵消经济发展的健康收益；在中等收入国家，总生育率、人口增长、城镇人口增长率均发挥部分中介效应，其中总生育率的中介效应最为突出(占总效应的 43.44%)，而人口密度与超大城市人口表现为遮掩效应。

(3) 政策启示：应持续发挥经济发展的直接效应，同时因地制宜优化人口政策——高收入国家需关注城市治理与人口融合，中等收入国家则应强化生育率路径、引导健康城镇化，以提升人口因素的间接正向效应，共同推动婴儿死亡率持续下降。

## 基金项目

南通市妇幼健康专科联盟科研项目(TFM202509)。

## 参考文献

- [1] Qaiser Gillani, D., Gillani, S.A.S., Naeem, M.Z., Spulbar, C., Coker-Farrell, E., Ejaz, A., *et al.* (2021) The Nexus between Sustainable Economic Development and Government Health Expenditure in Asian Countries Based on Ecological Footprint Consumption. *Sustainability*, **13**, Article 6824. <https://doi.org/10.3390/su13126824>
- [2] Akinlo, A.E. and Sulola, A.O. (2019) Health Care Expenditure and Infant Mortality in Sub-Saharan Africa. *Journal of Policy Modeling*, **41**, 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2018.09.001>
- [3] Rashid, H. and Ramirez, M.D. (2021) Investigating the Causality between Remittances, Infant Mortality, and Economic Growth in India: A Cointegration and Vector Error Correction Model Analysis. *Research in Applied Economics*, **13**, 21-44. <https://doi.org/10.5296/rae.v13i3.19042>
- [4] Li, H.B., Feng, H.J., Wang, J., Qian, Z.J., *et al.* (2017) Relationships among Gross Domestic Product per Capita, Government Health Expenditure per Capita and Infant Mortality Rate in China. *Biomedical Research*, **28**, 2859-2864.
- [5] 李鸿斌. 论证人均 GDP 与婴儿死亡率关系变化的“拐点”假设——全球高收入国家婴儿死亡率影响因素的岭回归分析[J]. *统计学与应用*, 2025, 14(12): 85-115.
- [6] 李鸿斌, 张小燕, 王洁. 论证中高收入国家人均 GDP 与婴儿死亡率关系变化的“拐点”假设[J]. *统计学与应用*, 2026, 15(1): 8-23.
- [7] 李鸿斌, 王洁, 张小燕. 论证中低收入国家婴儿死亡率与人均 GDP 关系变化的“拐点”假设[J]. *临床医学进展*, 2026, 16(1): 1849-1864.
- [8] 李鸿斌, 冯海娟, 王正栋, 等. 人均收入或消费支出在人均 GDP 与婴儿死亡率间的中介效应分析[J]. *统计学与应用*, 2025, 14(4): 383-398.
- [9] 李鸿斌, 王洁, 张小燕, 等. 农业因素在人均 GDP 与婴儿死亡率间的中介效应分析[J]. *农业科学*, 2025, 15(11): 1307-1318.
- [10] 李鸿斌, 贲宇, 冯海娟. 婴儿死亡率影响因素及未来防控策略思考[J]. *临床医学进展*, 2022, 12(8): 7992-8000.
- [11] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. *心理科学进展*, 2014, 22(5): 731-745.
- [12] Popescu, G.H., Nica, E., Kliestik, T., Alpogi, C., Bîgu, A.P. and Niță, S. (2024) The Impact of Ecological Footprint, Urbanization, Education, Health Expenditure, and Industrialization on Child Mortality: Insights for Environment and Public Health in Eastern Europe. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **21**, Article 1379. <https://doi.org/10.3390/ijerph21101379>
- [13] Gemmell, E., Adjei-Boadi, D., Sarkar, A., Shoari, N., White, K., Zdero, S., *et al.* (2023) “In Small Places, Close to Home”: Urban Environmental Impacts on Child Rights across Four Global Cities. *Health & Place*, **83**, Article ID: 103081. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2023.103081>
- [14] Rangel, M.A. and Tomé, R. (2022) Health and the Megacity: Urban Congestion, Air Pollution, and Birth Outcomes in Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 1151. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031151>

- 
- [15] Tebeje, T.M., Aregu, M.B., Asgedom, Y.S., Gebrekidan, A.Y. and Abebe, M. (2025) From Poverty to Health: Intraurban Inequalities in Child Health Indicators in Low-Income and Middle-Income Countries during the SDG Era. *BMJ Global Health*, **10**, e019134. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2025-019134>
- [16] Cities Alliance (2025) Why Cities for Children? At Least 24 Reasons. <https://www.citiesalliance.org/newsroom/news/urban-news/why-cities-children-least-24-reasons>
- [17] Agustina, R., Dartanto, T., Sitompul, R., Susiloretni, K.A., Suparmi., Achadi, E.L., *et al.* (2019) Universal Health Coverage in Indonesia: Concept, Progress, and Challenges. *The Lancet*, **393**, 75-102. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)31647-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)31647-7)
- [18] Bugelli, A., Borgès Da Silva, R., Dowbor, L. and Sicotte, C. (2021) Health Capabilities and the Determinants of Infant Mortality in Brazil, 2004-2015: An Innovative Methodological Framework. *BMC Public Health*, **21**, Article No. 831. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10903-9>