

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

李鸿斌^{1,2}, 王 洁^{1,2}, 张小燕^{1,2}

¹如皋市妇幼保健计划生育服务中心儿童保健科, 江苏 如皋

²如皋市妇幼保健院儿童保健科, 江苏 如皋

收稿日期: 2025年12月15日; 录用日期: 2026年1月8日; 发布日期: 2026年1月20日

摘要

目的: 论证人均GDP与婴儿死亡率关系变化的“拐点”假设。方法: 以中低收入国家的婴儿死亡率为因变量, 经济、人口、农业、教育、能源与环境、卫生等6个维度的指标为自变量, 进行阶段性岭回归分析, 在单维分析基础上, 构建“六维一体分析框架”, 通过人均GDP回归系数t检验结果的阶段性变化判断“拐点”假设。结果: 在纳入研究的55个中低收入国家中, 经阶段性合并, 29个国家的第一阶段人均GDP回归系数的t检验差异无统计学意义($P > 0.05$), 第二阶段差异有统计学意义($P < 0.05$)。人口因素始终占据主导地位, 人均GDP并不总是婴儿死亡率的影响因素。结论: 部分中低收入国家人均GDP与婴儿死亡率存在从非积极影响向积极影响的关系转变。面对关系变化应适时调整防控策略, 并落实针对性的防控措施。

关键词

婴儿死亡率, 人均GDP, 中低收入国家, “拐点”假设, 岭回归

Demonstrating the “Inflection Point” Hypothesis of the Relationship between Per Capita GDP and Infant Mortality Rate in Lower-Middle-Income Countries

Hongbin Li^{1,2}, Jie Wang^{1,2}, Xiaoyan Zhang^{1,2}

¹Department of Child Healthcare, Rugao Maternal and Child Health Care and Family Planning Service Center, Rugao Jiangsu

²Department of Child Healthcare, Rugao Maternal and Child Health Hospital, Rugao Jiangsu

Received: December 15, 2025; accepted: January 8, 2026; published: January 20, 2026

文章引用: 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. DOI: 10.12677/acm.2026.161234

Abstract

Objective: This paper aims to demonstrate the hypothesis of a “turning point” in the relationship between per capita GDP and infant mortality rate. **Method:** Using infant mortality rate in Lower-middle-income countries as the dependent variable and six dimensions of indicators including economy, population, agriculture, education, energy and environment, and health as independent variables, a staged ridge regression analysis was conducted. Based on single dimensional analysis, a “six-dimensional integrated analysis framework” was constructed to determine the “inflection point” hypothesis through the stage changes in the regression coefficient t-test results of per capita GDP. **Results:** Among the 55 Lower-middle-income countries included in the study, after stage wise consolidation, the t-test differences in the regression coefficients of the first stage per capita GDP in 29 countries were not statistically significant ($P > 0.05$), while the differences in the second stage were statistically significant ($P < 0.05$). Population factors always dominate, and per capita GDP is not always a factor affecting infant mortality. **Conclusion:** There is a shift in the relationship between per capita GDP and infant mortality rate from a non positive impact to a positive impact in some Lower-middle-income countries. In the face of changes in relationships, it is necessary to adjust prevention and control strategies in a timely manner and implement targeted prevention and control measures.

Keywords

Infant Mortality Rate, Per Capita GDP, Lower-Middle-Income Countries, “Inflection Point” Hypothesis, Ridge Regression

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

儿童事关人类永续发展，是重要的战略资源。婴儿死亡率在儿童死亡率中占据重要比重[1][2]，其影响因素是涉及社会各领域的复杂系统[3]。在健康生产函数理论框架下[4]，人均 GDP 增长主要通过增加家庭和政府对健康生产要素的支付能力，从而改善健康产出。众多研究[5]-[8]表明人均 GDP 等经济因素是重要的影响因素之一，与该理论基本一致。但也有研究认为人均 GDP 并不总是婴儿死亡率的影响因素[9]-[11]，不能过度放大经济的作用，人均 GDP 对健康产出(婴儿死亡率)的作用并非固定不变，可能是有边界的。故而提出了人均 GDP 与婴儿死亡率关系变化的“拐点”假设。二者关系变化的理想历程是先从非积极影响向积极影响的第一转变、再从积极影响向非积极影响的第二转变。正确认识二者关系的变化，对于适时调整防控策略有一定的现实意义。前期研究发现中国[8][9]、尼日尔、卢旺达[11]等国家符合第一转变，日本[10]符合第二转变，仍缺乏更多的国别证据。在 20 个低收入国家中，表现为高婴儿死亡率、低人均 GDP，且婴儿死亡率平均下降量小、平均下降速度缓慢，人均 GDP 平均增长量小、平均增长速度缓慢，其中 18 个国家没有发生第一转变，人均 GDP 不是婴儿死亡率的影响因素，二者关系处于非积极影响阶段。在高婴儿死亡率、低人均 GDP 阶段，尽管有较大的发展空间，但因发展速度缓慢，很难发生质的飞跃。因此，推测在中低或中高收入国家中，可能有部分国家发生了第一转变；第二转变可能发生在少数中高收入国家、部分高收入国家中。事实证明，在纳入研究的 52 个高收入国家中，确有 12 个国家发生了第一转变、26 个国家发生了第二转变[12]。全球可持续发展目标(SDGs)[13]要求到 2030 年各国争取将新生儿死亡率至少降至 12‰，5 岁以下儿童死亡率至少降至 25‰。低收入国家、中等收入国家处

于高或较高的婴儿死亡率现状[11][14]，是防控的重点国家。本文基于世界银行数据库的更新数据，以中低收入国家的婴儿死亡率为因变量，经济、人口、农业、教育、能源与环境、卫生等六个维度的指标为自变量，进行阶段性岭回归分析，在单维分析基础上，构建“六维一体分析框架”，旨在论证人均 GDP 与婴儿死亡率关系变化的“拐点”假设，分析不同发展阶段的影响因素，为中低收入国家适时调整防控策略，实现 2030 年降低儿童死亡率的可持续发展目标提供参考依据。

2. 对象与方法

2.1. 研究对象

以中低等收入国家或地区的婴儿死亡率及人口、经济、能源与环境、教育、农业、卫生等 6 个维度的指标数据为研究对象。从世界银行数据库下载数据，更新时间为 2021 年 12 月 16 日。中低收入国家是在下载数据中世界银行的直接分类结果。

经济因素包括人均 GDP (current US\$)、人均当前卫生支出(current US\$)、当前卫生支出占比(% of GDP)、人均居民最终消费支出(2010 年不变价美元)、调整后的国民净人均收入(2010 年不变价美元)；人口因素包括总生育率(女性人均生育数)、人口密度(每公里土地面积人数)、城镇人口增长率(年增长率)、人口增长(年度百分比)、超百万城市群的人口(占总人口的百分比)、贫困人口比例(占人口的百分比)；教育因素包括小学生总毕业率(相关年龄群体所占比例)、中小学女生与男生的入学比例(%)、高等院校入学率(占总人数的百分比)；环境与能源因素包括二氧化碳排放量(人均公吨数)、一氧化氮排放量(千公吨 CO₂ 当量)、甲烷排放量(千吨 CO₂ 当量)、能源使用量(人均千克石油当量)、耗电量(人均千瓦时)、通电率(占人口的百分比)；农业因素包括谷类产量(每公顷千克数)、耕地(占土地面积的百分比)、农业用地(占土地面积的百分比)、农业增加值(占 GDP 的百分比)；卫生因素包括医院床位(每千人)、感染 HIV 的成年女性(占 15 岁以上 HIV 感染者的百分比)、护士和助产士(每千人)。

2.2. 研究方法

2.2.1. 阶段性分组与数据标准化

以中低等收入国家人均 GDP 与婴儿死亡率相关分析的最小样本量进行阶段性分组[10]-[12]。相关分析样本量估算公式[15]: $n = 4 \left[(z_{\alpha/2} + z_{\beta}) / \ln(1 + r / 1 - r) \right]^2 + 3$ ， n 为在 $\alpha = 0.05, 1 - \beta = 0.90$ 的水平上，得到的相关系数有统计学意义的最少样本数 ($z_{0.05/2} = 1.96, z_{0.1} = 1.282$)， r 为人均 GDP 与婴儿死亡率的总体相关系数。每个分组的样本量均不少于最少样本量。为规避婴儿死亡率与相关经济社会指标的量纲及数量级不同，对各指标数据进行 Z-score 标准化。再对阶段性指标数据进行正态分布检验，符合正态分布，或比较峰值(绝对值 < 10)、偏度(绝对值 < 3)再结合直方图、PP 图、QQ 图，虽不绝对正态但可描述为基本符合正态分布，方可纳入进一步的研究。

2.2.2. 回归模型及影响因素的确定方法

先进行单维分析，构建回归模型，筛选有意义的影响因素。然后，将单维分析的结果纳入“六维一体分析框架”。人均 GDP 始终纳入模型，以便评估人均 GDP 与婴儿死亡率的关系变化。因指标或年度数据缺失，纳入模型的自变量个数均远小于组内样本数。

以阶段性婴儿死亡率为因变量，筛选的该阶段相关指标为自变量，进行岭回归分析。定义： $\hat{\beta}(k) = (X'X + kI)^{-1} X' y$ ，为 β 的标准化岭回归估计， $X'X$ 是自变量样本相关阵， k 称为岭参数， $\hat{\beta}(k)$ 作为 β 的估计比最小二乘法估计 $\hat{\beta}$ 稳定，通过选择合适的 k 值可使岭回归分析比最小二乘法估计的回归系数有较小的均方误差。回归模型显著性 F 检验有统计学意义($P < 0.05$)，且拟合优度较好以上(拟合优度分级： $R^2 \geq 0.9$ ，极好； $0.7 \leq R^2 < 0.9$ ，很好； $0.5 \leq R^2 < 0.7$ ，较好； $0.3 \leq R^2 < 0.5$ ，一般； $R^2 < 0.3$ ，差)，确

定为有价值的回归模型。此时, 回归系数 t 检验差异有统计学意义($P < 0.05$)的自变量, 为婴儿死亡率的影响因素。

将确定为影响因素的某自变量的标准化回归系数的绝对值定义为该影响因素的回归系数影响力[12]。某影响因素的回归系数影响力为纳入研究的所有回归模型该影响因素的回归系数影响力之和。按不同维度分类的回归系数影响力为纳入研究的各个回归模型该分类的所有影响因素的回归系数影响力之和。

2.2.3. 关系变化“拐点”的确定方法

人均 GDP 回归系数 t 检验结果有两种情形, 一是差异无统计学意义($P > 0.05$), 二是差异有统计学意义($P < 0.05$)。从促进婴儿死亡率下降的效果看, 将标准化回归系数符号为负值称为积极影响、正值为消极影响。把差异无统计学意义和消极影响统称为非积极影响。

参照高收入国家“拐点”假设的验证模型[12], 进行阶段分析与阶段合并后分析, 并进一步构建“六维一体分析框架”, 阶段性分组及模型构建的方法详见高收入国家“拐点”假设的验证方法[12], 若观察到从非积极影响向积极影响的关系转变, 则判断为“拐点”假设的第一转变, 若观察到从积极影响向非积极影响的关系转变, 则判断为“拐点”假设的第二转变。

2.3. 统计学方法

数据 Z-scores 标准化、正态分布检验、相关分析、岭回归分析等统计数据处理在 SPSS PRO 1.1.28 软件上进行。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。通过方差扩大因子法确定岭回归 k 值, 数据处理时自动选择 k 值。构建岭回归模型时首先剔除回归系数 t 检验差异无统计学意义的自变量, 有多个者率先剔除 P 值大者。对阶段转变前后人均 GDP 及婴儿死亡率的平均发展水平进行描述性分析。阶段性婴儿死亡率、人均 GDP 的平均增长量、平均增长速度在 Excel 工作表上计算, 平均增长量 = $(a_n - a_1)/(n - 1)$, 平均增长速度 = $\sqrt[n-1]{a_n/a_1} - 1$ 。

3. 结果

3.1. 纳入研究国家的筛选结果

在下载资料中, 世界银行共确定了 55 个中低等收入国家或地区。经相关分析测算了各国的组内最小样本量, 最终对 55 个国家进行了阶段性分组。具体过程从略。

3.2. 阶段合并后的验证结果

对每一个中低收入国家逐个阶段构建单维岭回归模型, 然后纳入六维一体岭回归模型。再进一步阶段合并, 构建六维一体分析框架。通过观察回归模型人均 GDP 回归系数 t 检验结果, 对照“拐点”假设验证模型[12], 在 55 个中低收入国家中, 有 29 个国家的第一阶段的人均 GDP 回归系数 t 检验差异均无统计学意义($P > 0.05$), 第二阶段的人均 GDP 回归系数 t 检验差异有统计学意义($P < 0.05$)。29 个国家分别为安哥拉(1980~2001, 2001~2018)、巴布亚新几内亚(1961~1975, 1975~2018)、巴基斯坦(1961~2000, 2000~2018)、玻利维亚(1961~1987, 1987~2018)、不丹(1980~1990, 1990~2018)、东帝汶(2000~2008, 2008~2018)、洪都拉斯(1961~1979, 1979~2018)、基里巴斯(1970~1990, 1990~2018)、贝宁(1980~1998, 1998~2018)、吉布提(1987~1997, 1997~2018)、加纳(1975~1989, 1989~2018)、柬埔寨(1993~2001, 2001~2018)、津巴布韦(1961~1980, 1980~2018)、喀麦隆(1961~1973, 1973~2018)、科特迪瓦(1971~1991, 1991~2018)、科摩罗(1980~1992, 1992~2018)、毛里塔尼亚(1961~1988, 1988~2018)、肯尼亚(1961~1971, 1971~2018)、孟加拉国(1961~1991, 1991~2018)、摩洛哥(1961~1975, 1975~2018)、尼加拉瓜(1961~1973, 1973~2018)、尼泊尔(1961~1976, 1976~2018)、尼日利亚(1964~1995, 1995~2018)、塞内加尔(1961~1972,

1972~2018)、坦桑尼亚(1988~1996, 1996~2018)、突尼斯(1965~1976, 1976~2018)、印度(1961~1975, 1975~2018)、印度尼西亚(1967~1980, 1980~2018)、赞比亚(1961~1975, 1975~2018)，符合“拐点”假设的第一转变。详见表1。

其余26个国家的人均GDP回归系数t检验结果表现为无变化或阶段性波动，无法认定为发生了明确的关系转变。整体阶段合并后佛得角(1980~2018)的人均GDP回归系数t检验差异无统计学意义($P > 0.05$)，其他25国家差异均有统计学意义($P < 0.05$)，分别是阿尔及利亚(1962~2018)、埃及(1965~2018)、伯利兹(1967~2018)、菲律宾(1961~2018)、刚果(布)(1961~2018)、海地(1961~2018)、吉尔吉斯斯坦(1990~2018)、莱索托(1961~2018)、老挝(1984~2018)、蒙古(1981~2018)、密克罗尼西联邦(1986~2018)、缅甸(2000~2018)、萨尔瓦多(1965~2018)、萨摩亚(1982~2018)、圣多美和普林西比(2001~2018)、斯里兰卡(1961~2018)、斯威士兰(1961~2018)、所罗门群岛(1971~2018)、塔吉克斯坦(1990~2018)、瓦努阿图(1979~2018)、乌克兰(1987~2018)、乌兹别克斯坦(1990~2018)、伊朗(1971~2018)、约旦河西岸加沙(1994~2018)、越南(1985~2018)。

限于篇幅原因，单维分析及阶段合并筛选与验证的过程从略、不符合“拐点”假设的26个国家的岭回归模型从略。

Table 1. Ridge regression analysis of factors influencing infant mortality rates in 29 lower-middle-income countries that meet the first transition of the “inflection point” hypothesis

表1. 符合“拐点”假设第一转变的29个中低收入国家婴儿死亡率影响因素的岭回归分析

国家	时期	自变量	k值	回归系数t检验			拟合优度		方差检验	
				标准化系数	t	P	R ²	调整R ²	F	P
安哥拉	1980~2001	人均GDP		-0.147	-2.008	0.062				
		人口密度		-0.376	-9.270	0.000				
		总生育率	0.194	0.143	3.498	0.003	0.900	0.868	28.697	0.000
		超百万城市群的人口		-0.307	-9.013	0.000				
	2001~2018	耗电量		-0.219	-3.066	0.007				
		人均GDP		-0.157	-6.263	0.000				
		人口密度		-0.180	-16.865	0.000				
		总生育率	0.183	0.154	10.728	0.000	0.993	0.989	257.385	0.000
巴布亚新几内亚	1961~1975	超百万城市群的人口		-0.190	-18.628	0.000				
		耕地		-0.121	-5.106	0.000				
		农业用地		-0.198	-17.789	0.000				
		人均GDP		-0.075	-2.176	0.058				
	1975~2018	总生育率		0.113	4.486	0.002				
		人口密度	0.105	-0.238	-18.882	0.000	0.993	0.989	256.936	0.000
		人口增长		-0.393	-11.254	0.000				
		农业用地		-0.174	-5.084	0.001				
巴基斯坦	1961~2000	人均GDP		-0.050	-2.038	0.049				
		人口密度		-0.289	-17.410	0.000				
		总生育率	0.129	0.412	18.146	0.000	0.982	0.980	412.396	0.000
		城镇人口增长率		0.104	4.531	0.000				
	1961~2000	谷类产量		-0.153	-5.965	0.000				
		人均GDP		-0.033	-0.878	0.386				
		人口密度		-0.222	-6.486	0.000				
		超百万城市群的人口	0.041	-0.533	-14.776	0.000	0.989	0.988	625.645	0.000
		城镇人口增长率		0.097	4.688	0.000				
		谷类产量		-0.203	-5.583	0.000				

续表

		人均 GDP	-0.137	-5.687	0.000				
		人均当前卫生支出	-0.079	-2.491	0.028				
2000~ 2018	调整后的国民净人均收入	0.072	-0.117	-3.797	0.003	0.995	0.993	433.912	0.000
	人口密度		-0.226	-16.411	0.000				
	总生育率		0.213	7.352	0.000				
	超百万城市群的人口		-0.225	-11.204	0.000				
	人均 GDP		-0.059	-1.811	0.085				
	人口密度		-0.202	-18.133	0.000				
1961~ 1987	总生育率	0.106	0.168	13.336	0.000	0.989	0.985	290.165	0.000
	超百万城市群的人口		-0.192	-12.886	0.000				
	耕地		-0.265	-11.559	0.000				
玻利 维亚	农业用地		-0.097	-3.933	0.000				
	人均 GDP		-0.073	-5.215	0.000				
	总生育率		0.197	38.711	0.000				
1987~ 2018	超百万城市群的人口	0.163	-0.214	-19.434	0.000	0.995	0.994	891.870	0.000
	人口密度		-0.189	-33.527	0.000				
	耕地		-0.201	-16.394	0.000				
	农业用地		-0.122	-8.649	0.000				
	人均 GDP		-0.139	-2.039	0.088				
1980~ 1990	人口密度	0.084	-0.484	-7.959	0.000	0.986	0.976	104.013	0.000
	城镇人口增长率		0.123	2.483	0.048				
	农业用地		-0.311	-4.772	0.003				
不丹	人均 GDP		-0.103	-4.871	0.000				
	调整后的国民净人均收入		-0.208	-17.087	0.000				
1990~ 2018	人口密度	0.060	-0.246	-17.827	0.000	0.995	0.994	969.888	0.000
	总生育率		0.401	18.350	0.000				
	农业用地		-0.075	-4.577	0.000				
	人均 GDP		0.008	0.175	0.872				
	人口密度		-0.358	-16.596	0.000				
2000~ 2008	总生育率	0.166	0.263	13.687	0.001	0.993	0.983	91.188	0.002
	人口增长		-0.144	-3.870	0.031				
东帝 汶	感染 HIV 的成年女性		0.323	15.376	0.001				
	人均 GDP		-0.130	-3.186	0.019				
	人口密度		-0.370	-9.359	0.000	0.996	0.993	356.557	0.000
2008~ 2018	总生育率	0.067	0.335	8.997	0.000				
	中小学女生与男生的入学		-0.160	-3.906	0.008				
	人均 GDP		0.000	-0.013	0.990				
	人口密度		-0.257	-18.902	0.000				
1961~ 1979	超百万城市群的人口		-0.297	-17.794	0.000				
	人口增长	0.147	-0.228	-9.773	0.000	0.993	0.988	214.104	0.000
	谷类产量		-0.106	-4.371	0.001				
洪都 拉斯	耕地		-0.115	-6.717	0.000				
	农业用地		-0.128	-12.211	0.000				
	人均 GDP		0.191	5.621	0.000				
	人口密度		-0.341	-16.967	0.000				
1979~ 2018	总生育率	0.152	0.407	18.544	0.000	0.965	0.960	188.979	0.000
	城镇人口增长率		0.251	8.851	0.000				
	人口增长		0.083	4.483	0.000				

续表

基里 巴斯	1970~ 1990	人均 GDP	0.019	0.583	0.569					
		人口密度	-0.466	-11.391	0.000					
		总生育率	0.089	0.348	7.940	0.000	0.984	0.978	181.362	0.000
		城镇人口增长率		0.113	3.086	0.008				
		人口增长		-0.139	-3.479	0.003				
贝宁	1990~ 2018	人均 GDP		-0.105	-3.394	0.002				
		人口密度		-0.259	-10.135	0.000				
		总生育率	0.153	0.385	15.985	0.000	0.975	0.971	236.817	0.000
		农业用地		0.243	7.610	0.000				
		人均 GDP		-0.002	-0.069	0.946				
吉布 提	1980~ 1998	总生育率		0.182	7.443	0.000				
		人口密度		-0.280	-15.516	0.000				
		人口增长	0.152	-0.237	-7.224	0.000	0.984	0.976	124.978	0.000
		谷类产量		-0.155	-3.769	0.003				
		农业用地		-0.208	-7.748	0.000				
吉布 提	1998~ 2018	人均 GDP		-0.190	-7.008	0.000				
		人均居民最终消费支出		-0.165	-6.085	0.000				
		人口密度	0.100	-0.259	-13.487	0.000	0.995	0.993	545.683	0.000
		总生育率		0.260	18.326	0.000				
		农业用地		-0.127	-4.845	0.000				
加纳	1987~ 1997	人均 GDP		-0.037	-0.867	0.426				
		人口密度		-0.325	-8.776	0.000				
		总生育率	0.169	0.208	6.176	0.002	0.989	0.978	91.170	0.000
		二氧化碳排放量		0.230	5.582	0.003				
		农业用地		-0.229	-6.593	0.001				
柬埔寨	1997~ 2018	人均 GDP		-0.191	-7.827	0.000				
		人口密度		-0.264	-21.505	0.000				
		总生育率	0.118	0.297	16.287	0.000	0.993	0.990	433.840	0.000
		耕地		-0.187	-7.126	0.000				
		农业用地		-0.089	-4.134	0.001				
柬埔寨	1975~ 1989	人均 GDP		-0.059	-1.609	0.142				
		人口密度		-0.225	-13.747	0.000				
		总生育率	0.209	0.233	14.756	0.000	0.986	0.978	122.710	0.000
		超百万城市群的人口		-0.300	-10.346	0.000				
		农业用地		-0.157	-5.153	0.001				
柬埔寨	1989~ 2018	人均 GDP		-0.142	-8.452	0.000				
		总生育率		0.187	22.921	0.000				
		人口密度		-0.187	-28.141	0.000				
		超百万城市群的人口	0.165	-0.177	-24.370	0.000	0.994	0.992	632.020	0.000
		城镇人口增长率		0.146	11.809	0.000				
柬埔寨	1993~ 2001	农业用地		-0.158	-10.894	0.000				
		人均 GDP		0.045	0.430	0.682				
		农业用地	0.129	-0.872	-8.406	0.000	0.926	0.901	37.588	0.000
		人均 GDP		-0.133	-5.910	0.000				
		人均居民最终消费支出		-0.181	-9.396	0.000				
柬埔寨	2001~ 2018	调整后的国民净人均收入		-0.143	-7.276	0.000				
		小学总毕业率	0.143	-0.185	-4.885	0.000	0.985	0.976	118.290	0.000
		谷类产量		-0.193	-5.615	0.000				
		农业用地		-0.179	-5.107	0.000				

续表

		人均 GDP	0.089	1.475	0.164					
		人口密度	-0.156	-3.273	0.006					
		超百万城市群的人口	0.105	-0.219	-4.158	0.001	0.972	0.959	75.930	0.000
		城镇人口增长率		-0.192	-4.154	0.001				
		耕地		-0.395	-10.881	0.000				
		农业用地		-0.310	-12.054	0.000				
津巴布韦	1961~1980	人均 GDP	-0.216	-2.830	0.008					
		人口密度	-0.655	-8.261	0.000					
		总生育率	0.079	0.621	7.592	0.000	0.820	0.793	30.040	0.000
		城镇人口增长率		-0.474	-4.440	0.000				
		人口增长		-0.255	-2.513	0.017				
喀麦隆	1961~1973	人均 GDP	-0.024	-0.429	0.681					
		人口密度	-0.245	-12.325	0.000					
		超百万城市群的人口	0.071	-0.269	-7.935	0.000	0.992	0.986	174.859	0.000
		人口增长		-0.241	-8.322	0.000				
		农业用地		-0.204	-5.364	0.001				
		人均 GDP	-0.253	-7.832	0.000					
		总生育率	0.062	2.484	0.017					
	1973~2018	超百万城市群的人口	0.142	-0.190	-14.756	0.000	0.967	0.962	188.752	0.000
		人口密度	-0.193	-14.205	0.000					
		谷类产量		-0.091	-2.668	0.011				
		农业用地		-0.231	-7.180	0.000				
科特迪瓦	1971~1991	人均 GDP	0.005	0.086	0.933					
		人口密度	-0.183	-8.575	0.000					
		总生育率	0.086	0.162	5.369	0.000	0.977	0.967	97.636	0.000
		超百万城市群的人口		-0.442	-7.299	0.000				
		耗电量		-0.161	-2.856	0.013				
		农业用地		-0.118	-3.494	0.004				
		人均 GDP	-0.114	-8.407	0.000					
		人口密度	-0.167	-28.613	0.000					
		总生育率		0.171	27.385	0.000				
	1991~2018	超百万城市群的人口	0.183	-0.167	-24.498	0.000	0.997	0.995	840.733	0.000
		甲烷排放量		0.143	10.540	0.000				
		谷类产量		-0.120	-9.349	0.000				
		农业用地		-0.143	-11.396	0.000				
科摩罗	1980~1992	人均 GDP	-0.045	-0.700	0.506					
		人口密度	-0.318	-8.071	0.000					
		总生育率	0.161	0.172	4.127	0.004	0.977	0.960	58.330	0.000
		谷类产量		-0.158	-2.681	0.031				
		农业用地		-0.297	-4.769	0.002				
		人均 GDP	-0.076	-2.114	0.047					
		人口密度	-0.330	-16.232	0.000					
	1992~2018	总生育率	0.182	0.327	11.818	0.000	0.974	0.968	157.401	0.000
		谷类产量		-0.116	-3.119	0.005				
		农业增加值		-0.158	-4.445	0.000				
肯尼亚	1961~1971	人均 GDP	0.032	0.337	0.747					
		人口密度	-0.171	-3.102	0.021					
		超百万城市群的人口	0.033	-0.525	-5.990	0.001	0.989	0.981	129.676	0.000
		农业用地		-0.318	-8.221	0.000				

续表

毛里 塔尼 亚	1971~ 2018	人均 GDP	-0.264	-6.853	0.000				
		人口密度	-0.196	-13.526	0.000				
		总生育率	0.091	4.342	0.000				
		超百万城市群的人口	0.181	-0.194	-7.671	0.000	0.941	0.933	109.848 0.000
		城镇人口增长率	0.209	5.609	0.000				
孟加 拉国	1988~ 2018	农业用地	-0.077	-2.041	0.048				
		人均 GDP	-0.067	-0.910	0.372				
		人口密度	0.057	-0.626	-11.599	0.000	0.957	0.951	176.765 0.000
		超百万城市群的人口		-0.263	-4.941	0.000			
		人均 GDP	-0.131	-3.467	0.002				
摩洛 哥	1991~ 2018	总生育率	0.196	7.312	0.000				
		人口密度	0.210	-0.233	-13.867	0.000	0.963	0.956	131.363 0.000
		超百万城市群的人口		-0.272	-11.680	0.000			
		谷类产量	-0.169	-4.664	0.000				
		人均 GDP	-0.071	-2.004	0.056				
尼加 拉瓜	1972~ 2018	人口密度	-0.265	-12.305	0.000				
		总生育率	0.134	0.220	6.793	0.000			
		超百万城市群的人口		-0.191	-8.380	0.000	0.981	0.976	203.685 0.000
		谷类产量	-0.134	-4.208	0.000				
		耕地	-0.121	-3.599	0.001				
尼泊 尔	1961~ 1976	人均 GDP	0.132	3.854	0.001				
		人口密度	0.089	-0.557	-19.453	0.000			
		超百万城市群的人口		-0.354	-27.631	0.000	0.984	0.981	349.958 0.000
		二氧化碳排放量	-0.162	-7.656	0.000				
		人均 GDP	-0.049	-1.247	0.244				
尼泊 尔	1961~ 1972	超百万城市群的人口		-0.248	-15.302	0.000			
		人口密度	0.132	-0.297	-12.400	0.000	0.990	0.984	172.826 0.000
		总生育率		0.140	5.192	0.000			
		农业用地	-0.243	-7.793	0.000				
		人均 GDP	-0.057	-5.037	0.000				
尼泊 尔	1972~ 2018	人均居民最终消费支出	-0.124	-13.796	0.000				
		人口密度	-0.183	-26.823	0.000				
		总生育率	0.078	0.242	25.414	0.000	0.998	0.997	2259.552 0.000
		超百万城市群的人口		-0.207	-25.619	0.000			
		小学总毕业率	-0.118	-9.684	0.000				
尼泊 尔	1961~ 1976	农业用地	-0.117	-11.339	0.000				
		人均 GDP	-0.034	-0.426	0.680				
		人口密度	0.062	-0.472	-8.376	0.000			
		总生育率		0.258	6.092	0.000	0.981	0.973	116.842 0.000
		超百万城市群的人口	-0.209	-3.381	0.008				
尼泊 尔	1972~ 2018	人均 GDP	-0.072	-3.503	0.001				
		总生育率		0.225	19.173	0.000			
		人口密度	0.154	-0.224	-19.386	0.000			
		超百万城市群的人口		-0.129	-7.050	0.000	0.985	0.982	418.246 0.000
		人口增长	0.231	14.840	0.000				
尼泊 尔	1961~ 1976	谷类产量	-0.195	-8.573	0.000				
		人均 GDP	-0.085	-2.104	0.059				
		总生育率	0.135	0.139	3.661	0.004			
尼泊 尔	1961~ 1976	人口密度		-0.325	-17.627	0.000	0.988	0.983	218.459 0.000
		人口增长	-0.424	-12.491	0.000				

续表

1976~ 2018	人均 GDP		-0.063	-2.334	0.025					
	总生育率		0.214	8.817	0.000					
	人口密度	0.039	-0.427	-18.336	0.000	0.992	0.991	929.860	0.000	
	超百万城市群的人口		-0.228	-10.490	0.000					
	农业用地		-0.198	-10.937	0.000					
1964~ 1995	人均 GDP		-0.066	-1.990	0.058					
	人口密度		-0.266	-13.233	0.000					
	超百万城市群的人口	0.157	-0.285	-15.178	0.000	0.970	0.963	133.744	0.000	
	城镇人口增长率		-0.171	-4.522	0.000					
	人口增长		-0.280	-8.145	0.000					
尼日 利亚	谷类产量		-0.092	-2.841	0.009					
	人均 GDP		-0.061	-2.351	0.031					
	人均居民最终消费支出		-0.140	-4.687	0.000					
	人口密度	0.132	-0.178	-10.164	0.000	0.990	0.986	280.860	0.000	
	超百万城市群的人口		-0.258	-16.032	0.000					
1995~ 2018	人口增长		-0.160	-6.247	0.000					
	农业用地		-0.214	-17.039	0.000					
	人均 GDP		-0.064	-0.573	0.584					
	人口密度	0.183	-0.275	-3.822	0.007	0.882	0.814	13.042	0.002	
	城镇人口增长率		0.411	3.283	0.013					
塞内 加尔	人口增长		-0.269	-3.983	0.005					
	人均 GDP		-0.170	-8.716	0.000					
	人均居民最终消费支出		-0.113	-5.987	0.000					
	人口密度	0.176	-0.204	-14.244	0.000	0.985	0.983	452.536	0.000	
	总生育率		0.166	9.779	0.000					
1972~ 2018	超百万城市群的人口		-0.311	-15.694	0.000					
	谷类产量		-0.080	-3.843	0.000					
	人均 GDP		0.034	1.137	0.338					
	总生育率		0.288	19.009	0.000					
	超百万城市群的人口	0.144	-0.287	-19.646	0.000	0.997	0.992	188.113	0.001	
1988~ 1996	人口密度		-0.289	-19.282	0.000					
	耗电量		-0.117	-3.202	0.049					
	人口密度		-0.129	-3.910	0.001					
	超百万城市群的人口		-0.218	-5.377	0.000					
	耗电量		-0.142	-3.579	0.003					
1996~ 2018	超百万城市群的人口	0.127	-0.090	-4.911	0.000	0.984	0.976	129.072	0.000	
	人口密度		-0.087	-4.798	0.000					
	城镇人口增长率		-0.227	-6.295	0.000					
	人口增长		-0.149	-3.875	0.001					
	人均 GDP		-0.068	-2.146	0.085					
1965~ 1976	人均居民最终消费支出		-0.133	-5.767	0.002					
	人口密度	0.185	-0.204	-15.278	0.000	0.992	0.982	98.479	0.000	
	总生育率		0.155	11.872	0.000					
	超百万城市群的人口		-0.212	-11.942	0.000					
	人口增长		-0.239	-6.225	0.002					
1976~ 2018	人均 GDP		-0.086	-3.112	0.004					
	总生育率		0.412	12.701	0.000					
	人口密度	0.097	-0.268	-13.165	0.000	0.978	0.975	335.076	0.000	
	超百万城市群的人口		-0.137	-4.367	0.000					
	高等院校入学率		-0.093	-3.533	0.001					

续表

印度	1961~1975	人均 GDP	-0.063	-2.018	0.090				
		人均居民最终消费支出	-0.094	-3.337	0.016				
		超百万城市群的人口	-0.173	-14.099	0.000				
		人口密度	0.162	-0.171	-14.697	0.000	0.995	0.989	161.158 0.000
		总生育率		0.161	7.493	0.000			
	1975~2018	人口增长		-0.118	-6.129	0.001			
		城镇人口增长率		-0.082	-2.890	0.028			
		农业用地		-0.166	-5.395	0.002			
		人均 GDP		-0.033	-2.291	0.028			
		人均居民最终消费支出		-0.061	-5.190	0.000			
印度尼西亚	1967~1980	总生育率		0.259	30.311	0.000			
		超百万城市群的人口	0.152	-0.204	-36.647	0.000	0.992	0.990	629.688 0.000
		人口密度		-0.250	-32.011	0.000			
		谷类产量		-0.193	-17.899	0.000			
		农业用地		-0.057	-3.868	0.000			
	1980~2018	人均 GDP		0.016	0.216	0.835			
		总生育率		0.145	3.581	0.007			
		超百万城市群的人口	0.062	-0.132	-3.426	0.009	0.982	0.970	85.400 0.000
		人口密度		-0.431	-6.934	0.000			
		谷类产量		-0.288	-3.494	0.008			
赞比亚	1961~1975	人均 GDP		-0.079	-4.243	0.000			
		人均居民最终消费支出		-0.165	-8.688	0.000			
		总生育率	0.081	0.212	13.136	0.000	0.992	0.991	853.323 0.000
		人口密度		-0.304	-18.502	0.000			
		人口增长		0.261	22.626	0.000			
	1975~2018	人均 GDP		-0.163	-2.200	0.052			
		人口密度	0.123	-0.408	-7.150	0.000	0.961	0.946	62.054 0.000
		耕地		-0.156	-2.493	0.032			
		农业用地		-0.240	-7.686	0.000			
		人均 GDP		-0.225	-8.025	0.000			

3.3. 关系转变的基本情况

起点最早为 1961 年(15 个国家)，最晚为 2000 年(1 个国家)，中位时间为 1961 年，平均值为 1969.48 年。转变时间最早为 1971 年，最晚为 2008 年，中位时间为 1988 年，平均值为 1986 年。转变前持续最长为 40 年，最短为 9 年，中位数为 15 年，平均值为 16.14 年。转变后持续最长为 48 年，最短为 11 年，中位数为 31 年，平均值为 31.14 年。

起点婴儿死亡率最大值为 213.7‰，最小值为 84.4‰，中位数为 128.9‰，平均值为 134.27‰。转变时婴儿死亡率最大值为 154.8‰，最小值为 56.4‰，中位数为 89.8‰，平均值为 94.22‰。终点婴儿死亡率最大值为 75.7‰，最小值为 14.6‰，中位数为 36.9‰，平均值为 37.4‰。

起点人均 GDP 最大值为 761.47US\$，最小值为 51.81US\$，中位数为 217.91US\$，平均值为 249.31US\$。转变时人均 GDP 最大值为 1047.98US\$，最小值为 105.89US\$，中位数为 502.76US\$，平均值为 515.51US\$。

终点人均 GDP 最大值为 3893.85US\$, 最小值为 1038.65US\$, 中位值为 1707.99US\$, 平均值为 2122.17US\$。

第一转变前婴儿死亡率的平均下降量最大为 6.18‰, 最小为 0.62‰, 中位数为 2.30‰, 平均值为 2.44‰; 平均下降速度最大为 5.08%, 最小为 0.49%, 中位数为 1.91%, 平均值为 2.18%。第一转变后婴儿死亡率的平均下降量最大为 3.88‰, 最小为 0.76‰, 中位数为 1.69‰, 平均值为 1.83‰; 平均下降速度最大为 6.44%, 最小为 1.22%, 中位数为 2.92%, 平均值为 3.07%。

第一转变前人均 GDP 的平均增长量最大为 51.01U\$, 最小为 -8.75U\$, 中位数为 12.88U\$, 平均值为 16.20U\$; 平均增长速度最大为 18.6%, 最小为 -1.41%, 中位数为 4.89%, 平均值为 5.26%。第一转变后人均 GDP 的平均增长量最大为 162.49U\$, 最小为 13.63U\$, 中位数为 50.19U\$, 平均值为 54.51U\$; 平均增长速度最大为 11.37%, 最小为 1.12%, 中位数为 5.34%, 平均值为 5.14%。

3.4. 影响因素分析

在第一转变前 29 个模型中, 有 12 个自变量的回归系数 t 检验差异有统计学意义($P < 0.05$), 总回归系数影响力为 28.555, 前 5 位自变量分别为人口密度、超百万城市群的人口、农业用地、总生育率、人口增长, 回归系数影响力为 23.901, 占总影响力的 83.70%。人口因素的回归系数影响力为 21.018, 占同期总影响力的 73.61%, 分别是同期农业因素的 3.36 倍、能源与环境因素的 28.91 倍、卫生因素的 65.07 倍、经济因素的 92.59 倍。见表 2、表 3。

在第一转变后 29 个模型中, 有 19 个自变量的回归系数 t 检验差异有统计学意义($P < 0.05$), 总回归系数影响力为 31.483, 前 5 位自变量分别为人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、人均 GDP、农业用地, 回归系数影响力为 23.847, 占同期总影响力的 75.75%。人口因素的回归系数影响力为 20.48, 占同期总影响力的 65.05%, 分别是同期经济因素的 3.70 倍、农业因素的 4.66 倍、教育因素的 36.83 倍、能源与环境因素的 47.52 倍、卫生因素的 259.24 倍。见表 2、表 3。

Table 2. Comparison of the composition ratio (%) of standardized regression coefficients of factors affecting infant mortality rate in 29 lower-middle-income countries that meet the “inflection point” hypothesis

表 2. 符合“拐点”假设的 29 个中低收入国家婴儿死亡率影响因素标准化回归系数影响力的构成比(%)比较

自变量	第一转变前			第二转变前		
	频数	影响力	构成比(%)	频数	影响力	构成比(%)
人口密度	28	8.535	29.89	27	7.266	23.08
总生育率	18	3.498	12.25	25	6.597	20.95
超百万城市群的人口	18	5.084	17.80	18	3.801	12.07
人均 GDP	0	0.000	0.00	29	3.763	11.95
农业用地	16	4.072	14.26	16	2.420	7.69
城镇人口增长率	7	1.189	4.16	7	1.677	5.33
谷类产量	7	1.136	3.98	9	1.310	4.16
人均居民最终消费支出	2	0.227	0.79	8	1.167	3.71
人口增长	11	2.712	9.50	6	1.139	3.62
调整后的国民净人均收	0	0.000	0.00	4	0.610	1.94
耕地	5	1.052	3.68	3	0.509	1.62
小学总毕业率	0	0.000	0.00	2	0.303	0.96
二氧化碳排放量	1	0.230	0.81	1	0.162	0.51
中小学女生与男生的入	0	0.000	0.00	1	0.160	0.51
农业增加值	0	0.000	0.00	1	0.158	0.50
甲烷排放量	0	0.000	0.00	1	0.143	0.45
一氧化氮排放量	0	0.000	0.00	1	0.126	0.40
高等院校入学率	0	0.000	0.00	1	0.093	0.30

续表

人均当前卫生支出	0	0.000	0.00	1	0.079	0.25
耗电量	3	0.497	1.74	0	0.000	0.00
感染 HIV 的成年女性	1	0.323	1.13	0	0.000	0.00
合计	117	28.555	100.00	161	31.483	100.00

Table 3. Comparison of the influence composition ratio of infant mortality rates classified by influencing factors in 29 lower-middle-income countries that meet the “inflection point” hypothesis

表 3. 符合“拐点”假设的 29 个中低收入国家婴儿死亡率按影响因素分类的影响力构成比比较

影响因素分 类	第一转变前			第二转变前		
	频数	影响力	构成比(%)	频数	影响力	构成比(%)
人口因素	82	21.018	73.61	83	20.480	65.05
经济因素	2	0.227	0.79	41	5.540	17.60
农业因素	28	6.260	21.92	29	4.397	13.97
教育因素	0	0.000	0.00	4	0.556	1.77
能源与环境	4	0.727	2.55	3	0.431	1.36
卫生因素	1	0.323	1.13	1	0.079	0.25
合计	117	28.555	100.00	161	31.483	100.00

4. 讨论

4.1. 论证“拐点”假设的意义及方法的可行性

婴儿死亡率是国际上公认的基础健康指标，保护儿童生存和发展是社会发展的最为重要的永恒主题之一。婴儿死亡率还是衡量经济社会发展和人类发展的重要综合性指标之一，把经济社会发展的成果惠及儿童健康，是各级政府的重要职能之一。基于“拐点”假设[12]，在非积极影响阶段，人均GDP不是婴儿死亡率的影响因素，盲目扩大经济投入将会造成不必要的资源浪费；在积极影响阶段，人均GDP是婴儿死亡率的影响因素，充分发挥经济因素的作用，有利于促进婴儿死亡率的下降，若忽视经济因素作用，将错失发展之机，甚或被被动拉长积极影响阶段。因此，论证“拐点”假设，确有一定的现实意义。结果显示，在55个中低收入国家或地区中，有29个国家发生了从非积极影响向积极影响的第一转变。总结第一转变前后的基本特征，分析影响因素的变化，探索不同发展阶段的防控策略与重点举措，对于另外的26个国家而言，有一定的参考价值；中低收入国家婴儿死亡率的下降历程也将是低收入国家的未来发展必由之路，可能也有值得学习或借鉴的经验。

有研究[16]以婴儿死亡率为因变量，公共卫生支出、人均国民总收入、贫困率、收入平等(基尼指数)和年轻女性文盲率等五个社会经济预测因素为自变量，使用2003年152个国家的数据，按低收入、中等收入和高收入国家进行了分层，进行多元线性回归分析。有研究[17]调查了1990~2012年期间28个经合组织国家特征对婴儿死亡率改善率的影响，以婴儿死亡率为因变量，人均GDP、基尼系数、收入、政府一般收入、公共医疗保健支出、成人识字率、成年女性吸烟者的百分比等13个指标为自变量，进行多元线性回归分析。说明多元线性回归分析的方法在婴儿死亡率影响因素探索研究中较好的应用价值。本文还要探索人均GDP与婴儿死亡率的关系转变，必须进行阶段性分组，而且要不断进行阶段合并、动态观察。由于自变量间存在着多重共线性，故选择了岭回归分析。因此，构建阶段性及阶段合并建立岭回归模型，能同时满足论证“拐点”假设、分析影响因素的研究目的，在方法学上具有较好的可行性。结果表明，29个中低收入国家的58个岭回归模型，回归方程的方差检验均有意义，回归模型的拟合优度均较好，岭参数k值均较小，说明构建的岭回归模型均有较好的可靠性。

4.2. 第一转变前后的基本特征与防控策略思考

结合描述性分析结果，在第一转变前阶段，具有以下特点，一是起点高婴儿死亡率、低人均 GDP；二是转变时婴儿死亡率虽有下降仍处于较高状态、人均 GDP 虽有提升仍处于较低水平，婴儿死亡率略低于、人均 GDP 略高于 20 个低收入国家的现状水平[11]；三是第一转变时期较早，大致发生于上世纪八十年代早中期；四是第一转变前持续时间虽短，结合 20 个低收入国家到 2018 年仍处于第一转变前的非积极影响阶段[11]，中低收入国家在第一转变前可能也长期处于该阶段；四是人均 GDP 不是第一转变前阶段的影响因素，不可能依赖经济高速增长来降低婴儿死亡率，而需要通过精心策划社会扶助项目来发挥作用[8]，切实加强社会公共治理，不断提高生存质量。

在第一转变后阶段，具有以下特点，一是终点(2018 年)婴儿死亡率较起点或转变时有大幅下降，但仍高于全球平均水平(2018 年 29‰)[11]、人均 GDP 较起点或转变时有大幅提升仍处于较低水平；二是转变后较转变前婴儿死亡率的平均下降量略有减少，而人均 GDP 的平均增长量却有较大的增长，这可能是人均 GDP 成为影响因素的内存原因；三是第一转变后持续时间相对较长，由于终点婴儿死亡率仍然较高，下降至低水平持续状态仍有相当的空间，第一转变后的积极影响阶段还将会持续较长时间；四是人均 GDP 是该阶段的影响因素，有必要充分发挥经济增长的作用，致力于构建经济增长与政策扶持的协同作用机制，有效降低婴儿死亡率，甚至可以根据区域经济增长及社会发展现状，酌情考虑加快投入速度，与人均 GDP 增长速度持平甚至略有超越，构建“超增长扶持”主动降低婴儿死亡率的新机制[8]-[11]，达到快速降低婴儿死亡率目的，从而缩短积极影响阶段。

尽管另外 26 个中低收入国家没有发生第一转变，但对照第一转变前后两个阶段的特点，在整体合并后，有 1 个国家的人均 GDP 的回归系数 t 检验差异无统计学意义，考虑是积极影响阶段的暂时性波动；25 个国家的人均 GDP 的回归系数 t 检验差异有统计学意义，提示这些国家处于积极影响阶段。这 26 个国家在历史某个时期发生了第一转变，具体何时转变而来，目前尚无法考证。第一转变后积极影响阶段的防控策略与举措值得其学习和借鉴。

经典的普雷斯顿曲线、健康生产函数理论反映了经济增长对健康产出的积极效应，与第一转变后积极影响阶段的判断相一致。但不能忽视转变前的非积极影响阶段，且根据边际效应递减规律[18]，人均 GDP 增长一定程度后对婴儿死亡率的效应将减弱，预示着未来可能发生第二转变，这在高收入国家得到了印证[12]。提示经济增长对健康产出的作用不是一层不变的，应充分考虑不同发展阶段的异质性。

4.3. 影响因素分析与防控举措探讨

结果表明，第一转变前阶段，主要影响因素分别为人口密度、超百万城市群的人口、农业用地、总生育率、人口增长等，人口因素占同期总影响力 73.61%。第一转变后阶段，主要影响因素分别为人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、人均 GDP、农业用地，人口因素占同期总影响力 65.05%。说明人口因素占据主导地位，其他因素均处于次要位置，人均 GDP 并不总是婴儿死亡率的影响因素。

人口密度与婴儿死亡率呈现负相关关系，可能表明在人口稠密的地区，由于公共资源的集中和更高效的卫生服务体系，婴儿死亡率可能较低。但总生育率与婴儿死亡率呈正相关关系，可能表明在高生育率国家或地区，由于家庭资源分配、医疗保健服务的可及性和质量等因素的限制，婴儿死亡率可能会上升。城镇人口增长率通常反映城镇化进程的速度，当城镇化进程加快，城市规划和管理得到重视，公共资源及配套服务不断健全，则有利于婴儿死亡率的下降，反之则不利于婴儿死亡率的下降。人口增长可能会导致社会资源包括医疗资源紧张，人口增长过快时，社会压力增大，社会矛盾激化，如果得不到改善则会影响生存环境，不利于婴儿死亡率的下降，如果随着人口增长，公共需求得到满足，服务质量有效提升，则有利于婴儿死亡率的下降。超百万城市群的人口不仅反映了城市的人口规模，还反映了超百万人

口的城市建设与发展情况及其经济活力，具有更好的社会保障和服务的可及性，则有利于婴儿死亡率的下降。在积极影响阶段，人均GDP与婴儿死亡率之间存在负相关关系，表明随着人均GDP的增加，婴儿死亡率可能会降低，这可能是由于经济水平的提高带来了社会公共资源的提升，包括更好的医疗条件和生活环境，从而有利于婴儿的健康成长，这与健康生产函数理论基本一致。而在第一转变前的非积极影响阶段，经济社会发展水平低下，公共资源匮乏，生存条件不足，人均GDP难以发挥作用，无法转化为健康生产要素的改善。随着经济社会的长足发展，社会各方面都得到发展与提升。农业生产增长，保障了生活的基本需求，农民收入增加，生活水平改善。随着能源消耗增加，一方面促进了经济发展，一方面污染排放增加，又发挥了消极作用。教育普及与教育水平提升，大众的健康认知提高，健康需求增加，同时，就业层次较高，带动了家庭收入的增长，在生活质量提高的同时健康需求也容易得到满足。

婴儿死亡率的影响因素确实是一个涉及社会各领域的复杂系统[3]，需要深入探索防控举措。一是要始终重视人口因素的作用，适应人口与生育情况的变化，持续优化人口政策，扩大公共资源覆盖面，优化公共资源配置，提高公共服务质量与效率；二是要始终重视农业生产，提高粮食产量，保障生存的基本需求；三是要抓住关键时期，在积极影响阶段要充分发挥经济发展的作用，把经济增长的成果向社会各领域投入，促进社会全面发展；四是要重视能源与环境因素，日本部分阶段的二氧化碳排放量是消极因素[19]，不能走高收入国家的老路[12]，在促进发展的道路上，优先保护生态环境，营造宜居人居环境；五是要不遗余力开展全民教育，把女性教育放在重要的位置上，切实提升保健意识和自觉利用保健服务的能力；六是不能忽视卫生因素的作用，要不断落实全方位、广覆盖的均等化的公共卫生服务。

4.4. 局限性

因受各国相关指标及数据的完整性影响，不同模型纳入的自变量并不完全一致。随着时间的推移，相关资料的不断充实，阶段性分组有可能发生变化，发生第一转变的时间可能也会有所变化，但将会更加趋向一个相对比较接近的时期。纳入了收入因素、卫生因素，但其影响力甚微，需要创新方法进一步探索。本文是基于宏观数据的探索分析，其政策指导意义具有一定的启发性而非决定性的。

5. 小结

在55个中低收入国家中，29个国家发生了从非积极影响向积极影响的关系变化，符合“拐点”假设的第一转变，其余26个国家处于第一转变后的积极影响阶段。人口因素始终占据着主导地位，人均GDP并不总是婴儿死亡率的影响因素。在积极影响阶段，需要建立经济增长与政策扶持相协调的机制，甚至构建“超增长扶持”主动降低婴儿死亡率的新机制。面对关系变化应适时调整防控策略，并落实针对性的防控措施。

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] 李鸿斌, 贲宇. 基于《世界卫生统计2015》资料全球婴儿死亡率分析[J]. 国际儿科研究杂志, 2022, 2(1): 12-19.
- [2] 赵梓伶, 蒋莉华, 何琳坤. 等. 国内外新生儿死亡率、婴儿死亡率与5岁以下儿童死亡率关系研究[J]. 中国妇幼保健, 2016, 31(13): 2585-2588.
- [3] 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.
- [4] Salami, D., Shaaban, A.N. and Oliveira Martins, M.D.R. (2019) Africa Rising, a Narrative for Life Expectancy Gains? Evidence from a Health Production Function. *Annals of Global Health*, 85, Article No. 63. <https://doi.org/10.5334/aogh.2307>

-
- [5] Erdogan, E., Ener, M. and Arica, F. (2013) The Strategic Role of Infant Mortality in the Process of Economic Growth: An Application for High Income OECD Countries. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **99**, 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.467>
 - [6] Chen, W., Clarke, J.A. and Roy, N. (2013) Health and Wealth: Short Panel Granger Causality Tests for Developing Countries. *The Journal of International Trade & Economic Development*, **23**, 755-784. <https://doi.org/10.1080/09638199.2013.783093>
 - [7] 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>
 - [8] Li, H.B., Feng, H.J., Wang, J., Qian, Z.J. and Gu, J.M. (2017) Relationships among Gross Domestic Product Per Capita, Government Health Expenditure Per Capita and Infant Mortality Rate in China. *Biomedical Research*, **28**, 2859-2864.
 - [9] 李鸿斌. 中国婴儿死亡率影响因素的岭回归分析[J]. 临床医学进展, 2023, 13(6): 9368-9377.
 - [10] 李鸿斌. 日本人均 GDP 与婴儿死亡率关系转变的分析与启示[J]. 统计学与应用, 2023, 12(5): 1222-1237.
 - [11] 李鸿斌. 基于世界银行数据 20 个低收入国家婴儿死亡率影响因素的岭回归分析[J]. 临床医学进展, 2023, 13(8): 13116-13153.
 - [12] 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.
 - [13] United Nations (2017) Goal 3: Ensure Healthy Lives and Promote Well-Being for All at All Ages. <https://undocs.org/zh/A/RES/71/313>
 - [14] 李鸿斌, 贲宇, 冯海娟. 不同收入国家 2000-2016 年婴儿死亡率影响因素的岭回归分析[J]. 国际临床研究杂志, 2023, 7(3): 39-44.
 - [15] 方积乾. 卫生统计学[M]. 第七版. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 199-200.
 - [16] Schell, C.O., Reilly, M., Rosling, H., Peterson, S. and Mia Ekström, A. (2007) Socioeconomic Determinants of Infant Mortality: A Worldwide Study of 152 Low-, Middle-, and High-Income Countries. *Scandinavian Journal of Public Health*, **35**, 288-297. <https://doi.org/10.1080/14034940600979171>
 - [17] Bremberg, S.G. (2016) The Rate of Country-Level Improvements of the Infant Mortality Rate Is Mainly Determined by Previous History. *The European Journal of Public Health*, **26**, 597-601. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckw059>
 - [18] Dittmer, T. (2005) Diminishing Marginal Utility in Economics Textbooks. *The Journal of Economic Education*, **36**, 391-399. <https://doi.org/10.3200/jece.36.4.391-399>
 - [19] 李鸿斌, 冯海娟, 贲宇. 日本阶段性婴儿死亡率经济社会因素的岭回归分析[J]. 国际医学与数据杂志, 2023, 7(1): 4-7.