

# 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

李鸿斌<sup>1,2</sup>, 张小燕<sup>1,2</sup>, 王 洁<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

收稿日期: 2025年12月1日; 录用日期: 2025年12月22日; 发布日期: 2026年1月4日

## 摘 要

本文基于世界银行数据库的更新数据, 以中高收入国家婴儿死亡率为因变量, 人口、经济、能源与环境、教育、农业、卫生等6个维度的指标为自变量, 进行岭回归分析, 在单维分析基础上, 构建了“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。结果显示, 10个国家出现了从非积极影响向积极影响的第一转变, 5个国家出现了从积极影响向非积极影响的第二转变。人口因素在婴儿死亡率影响因素中占据主导地位, 人均GDP并不总是影响因素。面对关系变化应适时调整防控策略, 在不同发展阶段应落实针对性的防控举措。

## 关键词

婴儿死亡率, 人均GDP, “拐点”假设, 中高等收入国家, 影响因素, 岭回归分析

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

Hongbin Li<sup>1,2</sup>, Xiaoyan Zhang<sup>1,2</sup>, Jie Wang<sup>1,2</sup>

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

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

Received: December 1, 2025; accepted: December 22, 2025; published: January 4, 2026

文章引用: 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. DOI: 10.12677/sa.2026.151002

## Abstract

This article is based on updated data from the World Bank database, with infant mortality rate in upper-middle-income countries as the dependent variable and six dimensions of indicators including population, economy, energy and environment, education, agriculture, and health as independent variables. Ridge regression analysis is conducted, and a “six-dimensional integrated analysis framework” is constructed based on single dimensional analysis to demonstrate the “inflection point” hypothesis of the relationship between per capita GDP and infant mortality rate. The results showed that 10 countries experienced the first transition from non-positive impact to positive impact, and 5 countries experienced the second transition from positive impact to non-positive impact. Population factors dominate the influencing factors of infant mortality rate, and per capita GDP is not always the influencing factor. In the face of changes in relationships, prevention and control strategies should be adjusted in a timely manner, and targeted prevention and control measures should be implemented at different stages of development.

## Keywords

Infant Mortality Rate, Per Capita GDP, “Inflection Point” Hypothesis, Upper-Middle-Income Countries, Influence Factor, 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

婴儿死亡率是国际上公认的基础健康指标，也是衡量经济社会发展和人类发展的重要综合性指标之一。虽然全球及各国婴儿死亡率大幅下降，取得了举世瞩目的成绩，但不同的国家、不同的发展阶段人均 GDP 与婴儿死亡率关系存在着差异性表现。有研究表明 25 个高收入 OECD 国家 1970~2007 年的婴儿死亡率与实际人均 GDP 之间存在显著的负相关关系[1]。有文献显示[2] 58 个发展中国家 1960~2005 年健康(以婴儿死亡率衡量)和财富(以人均 GDP 衡量)之间存在着双向因果关系。1996~2010 年拉脱维亚、爱沙尼亚和立陶宛 3 个国家按当前价格计算的人均 GDP 与婴儿死亡率均存在着显著的负相关性[3]。澳大利亚 1985~1989 年大陆州首府城市 195 个统计地区的分析表明城市地区社会经济特征与婴儿死亡率之间存在着关联[4]。还有研究验证了 1975~2018 年印度实际人均 GDP 对婴儿死亡率产生了重大影响[5]。是不是人均 GDP 与婴儿死亡率关系已很明确，就是负相关关系呢？在 34 个 OECD 国家中，筛选的 292 个地区 2000~2013 年的人均 GDP 就对婴儿死亡率没有显著影响[6]。前期经相关分析显示中国大陆 1952~1970 年人均 GDP 与婴儿死亡率不相关、从 1970~1975 年开始呈负相关关系[7]，经岭回归分析表明 1961~1970 年人均 GDP 的回归系数差异无统计学意义，而 1970~2018 年差异均有统计学意义[8]；日本在上世纪九十年代中后期以来，人均 GDP 的回归系数 t 检验差异无统计学意义，而这之前差异有统计学意义[9] [10]；更多的低收入国家人均 GDP 不是婴儿死亡率的影响因素[11]。

综观上述文献，大多是针对某个国家或区域性国家的某个阶段的研究，缺乏全球各国的系统性研究，尽管展示了人均 GDP 与婴儿死亡率间的某种关系，但这是怎么演变而来，缺乏回溯性研究，未来走向如何，也缺乏动态趋势分析。前期研究提出人均 GDP 与婴儿死亡率关系变化的“拐点”假设[8]-[12]，认为

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关系转变(第一转变)、未来再从积极影响向非积极影响的关系转变(第二转变)。基于健康生产函数的理论框架,中国在改革开放后经济增长对健康改善有促进作用[13],而极低的经济水平难以转变为对健康产出的改善,不排除在发展历程中,人均 GDP 与婴儿死亡率关系发生第一转变的潜在可能。而根据边际效益递减规律[14],经济增长对健康产出的作用将减弱,预示未来二者关系有发生第二转变的可能。尽管中国[8]、尼日尔和卢旺达[11]符合第一转变、日本[9][10]符合第二转变,这是偶然的个别现象,还是发展的必然趋势?仍需要寻找更多的国别证据。我们推测,在第一转变前,持续的高婴儿死亡率、低人均 GDP,二者无关联,人均 GDP 不是婴儿死亡率的影响因素或是消极影响因素;但随着经济社会的发展,人均 GDP 不断增长、婴儿死亡率快速下降,在历史发展的某个阶段发生了二者关系变化的第一转变,二者呈负相关关系,人均 GDP 成为婴儿死亡率的积极影响因素;再随着人均 GDP 的高速增长,婴儿死亡率的持续下降,从快速下降逐渐转变为缓慢下降,当婴儿死亡率处于低水平持续状态[15]时,二者关系发生了第二转变,二者不相关或正相关,人均 GDP 不再是积极影响因素。在不同的发展阶段,婴儿死亡率的影响因素不可能一成不变,防控策略与举措也应随之变化。在非积极影响阶段,应充分发挥政策扶持作用,盲目扩大投入可能难以发挥应有的作用,反而造成不必要的资源浪费;在积极影响阶段,应发挥政策扶持与经济投入的协同作用,甚或可以加大投入力度,促进婴儿死亡率的快速下降,若忽视投入,将错失发展之机。正确判断二者关系变化的“拐点”对于适时调整更有针对性的防控策略有一定的现实意义。

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表明[11],仅 2 个国家发生了第一转变,18 个国家处于第一转变前的非积极影响阶段。在 55 个高收入国家中[12],2 个国家发生了第一转变,26 个国家发生了第二转变,10 个国家既发生了第一转变又发生了第二转变。我们推测,部分中低收入、中高收入发生了第一转变,少数中高收入国家发生了第二转变。本文以中高收入国家婴儿死亡率为因变量,人口、经济、能源与环境、教育、农业、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“六维一体分析架构”,旨在进一步论证“拐点”假设,分析在不同发展阶段的影响因素,为适时调整防控策略,实现 2030 年可持续发展降低儿童死亡率的目标提供参考依据。

## 2. 对象与方法

### 2.1. 研究对象

以中高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(<https://data.worldbank.org.cn/>)下载数据,更新时间为 2021 年 12 月 16 日,中高收入国家为下载数据中世界银行的直接归类结果。

经济维度指标包括人均 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);人口维度指标包括总生育率(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);教育维度指标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);环境与能源维度指标包括二氧化碳排放量(人均公吨数)、一氧化氮排放量(千公吨 CO<sub>2</sub> 当量)、甲烷排放量(千吨 CO<sub>2</sub> 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);农业维度指标包括谷类产量(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);卫生维度指标包括医院床位(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[12] [16]。相关分析样本量估算公式[16]:  $n = 4 \left[ \left( z_{\alpha/2} + z_{\beta} \right) / \ln(1+r/1-r) \right]^2 + 3$ ,  $n$  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, 或比较峰值绝对值小于 10、偏度绝对值小于 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。

以婴儿死亡率为因变量, 以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  $\beta$  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  $\beta$  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, 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

参照高收入国家“拐点”假设的验证模型[12]。对不同中高收入国家的阶段性分组分别构建岭回归模型, 在此基础上对阶段分组进行合并, 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], 有价值的岭回归模型人均 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, 二是差异有统计学意义。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(仅为极个别的现象)。把差异无统计学意义和消极影响统称为非积极影响。

经阶段合并, 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。以婴儿死亡率为因变量、人均 GDP 为自变量, 逐个添加其他自变量, 并逐个分析剔除, 逐步筛选有意义



的岭回归模型。剔除标准设定：回归系数显著性检验无统计学意义的自变量，有多个者率先剔除  $P$  值大者。对转变前后人均 GDP、婴儿死亡率的发展水平分别测算平均增长量、平均增长速度，平均增长量 =  $(a_n - a_1)/(n-1)$ ，平均增长速度 =  $\sqrt[n]{a_n/a_1} - 1$ 。拟合优度分级： $R^2 \geq 0.9$ ，为极好； $0.7 \leq R^2 < 0.9$ ，为很好； $0.5 \leq R^2 < 0.7$ ，为较好； $0.3 \leq R^2 < 0.5$ ，为一般； $R^2 < 0.3$ ，为差。影响因素影响力的构成比、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。

### 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 个中高等收入国家或地区，其中科索沃、伊拉克、美属萨摩亚因人均 GDP 和/或婴儿死亡率数据缺失，未纳入研究。

在相关分析分组时，利比亚(1990~2018)人均 GDP 与婴儿死亡率相关分析差异无统计学意义( $r = -0.302$ ,  $P = 0.112$ )，多米尼克(1977~2018)、圣卢西亚(1980~2018)虽有统计学意义，但因样本量少，无法进行分组，最终对 49 个国家进行了阶段性分组。具体过程从略。

#### 3.2. 阶段合并的验证结果

对照“拐点”假设的验证模型[12]，经不断的阶段合并筛选验证，15 个国家符合“拐点”，34 个国家不符合“拐点”假设，但其中 30 个国家处于两次转变间的积极影响阶段、4 个国家暂时无法判断。因限于篇幅，分析筛选的过程从略。

仅表现为第一转变的 10 个国家：巴西(1961~1971, 1971~2018)、赤道几内亚(1982~1994, 1994~2018)、多米尼加(1961~1974, 1974~2018)、厄瓜多尔(1961~1973, 1973~2018)、哥伦比亚(1961~1975, 1975~2018)、秘鲁(1961~1978, 1978~2018)、墨西哥(1961~1969, 1969~2018)、土耳其(1961~1983, 1983~2018)、危地马拉(1961~1971, 1971~2018)、中国(1961~1977, 1977~2018)等 10 国家的第一阶段人均 GDP 回归系数  $t$  检验差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )、第二阶段均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 1。

仅表现为第二转变的 5 个国家：白俄罗斯(1990~2011, 2011~2018)、保加利亚(1980~2008, 2008~2018)、波斯尼亚和黑塞哥维那(1994~2012, 2012~2018)、黑山(2000~2012, 2012~2018)、黎巴嫩(1988~2012, 2012~2018)等 5 国家的第一阶段人均 GDP 回归系数  $t$  检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )、第二阶段均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

未发生转变但处于两次转变间的积极影响阶段的 30 个国家：阿尔巴尼亚(1984~2018)、阿根廷(1969~2018)、阿塞拜疆(1990~2018)、巴拉圭(1965~2018)、巴拿马(1961~2018)、北马其顿(1990~2018)、罗马尼亚(1987~2018)、俄罗斯(1988~2018)、斐济(1961~2018)、哥斯达黎加(1996~2018)、格林纳达(1977~2018)、格鲁吉亚(1990~2018)、古巴(1970~2018)、圭亚那(1961~2018)、哈萨克斯坦(1990~2018)、加蓬(1978~2018)、马尔代夫(1980~2018)、马绍尔群岛(1981~2018)、毛里求斯(1976~2018)、摩尔多瓦(1995~2018)、纳米比亚(1980~2018)、南非(1974~2018)、苏里南(1983~2018)、泰国(1961~2018)、汤加(1975~2018)、图瓦卢(1990~2018)、土库曼斯坦(1987~2018)、牙买加(1961~2018)、亚美尼亚(1990~2018)、约旦(1965~2018)等 30 个国家的人均 GDP 回归系数  $t$  检验结果差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。回归模型从略。

未发生转变、无法判断的 4 个国家：博茨瓦纳(1961~2018)、马来西亚(1961~2018)、塞尔维亚(1995~2018)、圣文森特和格林纳丁斯(1961~2018)等 4 个国家因人均 GDP 和/或婴儿死亡率的阶段性波动导致无法判断二者的关系变化。

**Table 1.** Ridge regression analysis of factors influencing infant mortality in 15 upper-middle-income countries that meet the “inflection point” hypothesis**表 1.** 符合“拐点”假设的 15 个中高收入国家婴儿死亡率影响因素的岭回归分析

国家	时期	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 <sup>2</sup>	调整 R <sup>2</sup>	F	P
巴西	1961~1971	人均 GDP	0.046	-0.082	-1.372	0.212	0.993	0.990	345.593	0.000
		人口密度		-0.440	-14.767	0.000				
		农业用地		-0.459	-14.350	0.000				
	1971~2018	人均 GDP	0.165	-0.067	-4.357	0.000	0.991	0.990	1206.565	0.000
		总生育率		0.332	33.346	0.000				
		超百万城市群的人口		-0.272	-24.471	0.000				
白俄罗斯	1990~2011	人口密度	0.134	-0.293	-37.423	0.000	0.985	0.980	204.823	0.000
		人均 GDP		-0.079	-2.623	0.018				
		人均居民最终消费支出		-0.195	-10.686	0.000				
		超百万城市群的人口		-0.278	-11.443	0.000				
		高等院校入学率		-0.245	-8.206	0.000				
		护士和助产士		-0.203	-6.196	0.000				
保加利亚	2011~2018	人均 GDP	0.016	0.230	2.861	0.046	0.990	0.982	131.180	0.000
		人均居民最终消费支出		-0.466	-3.687	0.021				
		超百万城市群的人口		-0.478	-3.404	0.027				
	1980~2011	人均 GDP	0.181	-0.166	-3.038	0.005	0.889	0.878	75.099	0.000
		人均居民最终消费支出		-0.383	-6.912	0.000				
		高等院校入学率		-0.443	-7.566	0.000				
波斯尼亚和黑塞哥维那	2011~2018	人均 GDP	0.137	-0.061	-1.500	0.231	0.994	0.987	133.500	0.001
		超百万城市群的人口		-0.305	-12.190	0.001				
		高等院校入学率		-0.375	-9.966	0.002				
	1994~2012	甲烷排放量	0.186	0.257	6.732	0.007	0.985	0.981	231.933	0.000
		人均 GDP		-0.318	-10.198	0.000				
		人口密度		0.265	8.763	0.000				
赤道几内亚	2012~2018	总生育率	0.191	0.257	11.081	0.000	0.951	0.903	19.515	0.018
		耕地		-0.230	-8.139	0.000				
		人均 GDP		-0.040	-0.338	0.758				
	1982~1994	人均居民最终消费支出	0.113	-0.363	-4.614	0.019	0.982	0.976	161.579	0.000
		人口密度		0.509	5.999	0.009				
		人均 GDP		-0.104	-1.869	0.094				
赤道几内亚	1994~2018	人口密度	0.082	-0.599	-10.763	0.000	0.995	0.994	801.784	0.000
		人口增长		0.274	4.865	0.001				
		人均 GDP		-0.096	-4.360	0.000				
	1994~2018	总生育率	0.082	0.365	29.860	0.000	0.995	0.994	801.784	0.000
		人口密度		-0.376	-27.539	0.000				
		城镇人口增长率		0.152	7.023	0.000				
赤道几内亚	1994~2018	人口增长	0.082	-0.146	-7.670	0.000	0.995	0.994	801.784	0.000
		城镇人口增长率		0.152	7.023	0.000				

续表

多米尼加	1961~1974	人均 GDP		-0.052	-1.992	0.093				
		超百万城市群的人口		-0.187	-18.033	0.000				
		总生育率		0.181	16.189	0.000				
		人口密度	0.112	-0.190	-15.025	0.000	0.997	0.994	332.376	0.000
		谷类产量		-0.077	-3.047	0.023				
		耕地		-0.145	-12.050	0.000				
		农业用地		-0.160	-13.547	0.000				
		人均 GDP		0.055	2.605	0.013				
		总生育率		0.447	22.512	0.000				
		人口密度	0.076	-0.272	-27.831	0.000	0.991	0.990	868.294	0.000
厄瓜多尔	1961~1973	人口增长		-0.272	-27.831	0.000				
		谷类产量		-0.072	-4.467	0.000				
		人均 GDP		-0.063	-1.865	0.121				
		总生育率		0.193	12.302	0.000				
		超百万城市群的人口		-0.216	-15.847	0.000				
		人口密度	0.155	-0.211	-14.564	0.000	0.996	0.990	165.624	0.000
		城镇人口增长率		0.129	3.986	0.010				
		人口增长		-0.107	-4.219	0.008				
		耕地		-0.160	-6.865	0.001				
		人均 GDP		-0.034	-2.158	0.037				
哥伦比亚	1973~2018	总生育率		0.339	34.132	0.000				
		超百万城市群的人口	0.057	-0.293	-18.250	0.000	0.996	0.995	1949.561	0.000
		人口密度		-0.281	-16.740	0.000				
		农业用地		-0.100	-7.099	0.000				
		人均 GDP		-0.001	-0.021	0.984				
		人均居民最终消费支出		-0.142	-6.916	0.000				
		总生育率		0.202	11.267	0.000				
		超百万城市群的人口	0.138	-0.230	-15.941	0.000	0.995	0.991	248.059	0.000
		人口密度		-0.246	-16.880	0.000				
		耕地		-0.161	-5.528	0.001				
	1975~2018	人均 GDP		0.163	3.800	0.001				
		人均居民最终消费支出		-0.086	-2.161	0.037				
		高等院校入学率		0.097	2.421	0.021				
		总生育率	0.082	0.560	16.352	0.000	0.966	0.961	176.981	0.000
		人口密度		-0.308	-10.795	0.000				
		城镇人口增长率		0.232	6.189	0.000				

续表

黑山	2000~2012	人均 GDP	0.164	-0.231	-7.788	0.000	0.993	0.990	295.945	0.000
		人口密度		-0.267	-9.312	0.000				
		总生育率		0.367	12.283	0.000				
		城镇人口增长率		0.135	4.371	0.002				
	2012~2018	人均 GDP	0.126	-0.038	-0.645	0.585	0.994	0.983	88.524	0.011
		人均居民最终消费支出		-0.259	-5.506	0.031				
		调整后的国民净人均收入		-0.293	-6.308	0.024				
		人口密度		-0.426	-7.249	0.019				
黎巴嫩	1988~2012	人均 GDP	0.168	-0.204	-8.151	0.000	0.988	0.985	309.444	0.000
		总生育率		0.284	12.913	0.000				
		人口密度		-0.274	-13.548	0.000				
		耗电量		-0.128	-5.304	0.000				
	2012~2018	农业用地	0.038	-0.123	-4.928	0.000	0.997	0.991	161.895	0.000
		人均 GDP		-0.025	-0.550	0.638				
		人口密度		-0.557	-6.876	0.021				
		城镇人口增长率		0.228	5.692	0.030				
人口增长	0.228	5.728	0.029							
秘鲁	1961~1978	人均 GDP	0.116	-0.069	-1.635	0.130	0.989	0.983	166.866	0.000
		超百万城市群的人口		-0.297	-8.843	0.000				
		人口密度		-0.230	-7.348	0.000				
		谷类产量		-0.109	-2.666	0.022				
	1978~2018	耕地	0.104	-0.125	-4.257	0.001	0.988	0.987	588.836	0.000
		农业用地		-0.166	-7.280	0.000				
		人均 GDP		-0.064	-2.821	0.008				
		总生育率		0.388	18.386	0.000				
1961~1969	谷类产量	0.003	-0.259	-12.038	0.000	0.992	0.989	359.860	0.000	
	耕地		-0.076	-3.722	0.001					
	农业用地		-0.234	-10.096	0.000					
	超百万城市群的人口		-0.814	-3.390	0.015					
墨西哥	1969~2018	人均 GDP	0.075	-0.061	-4.530	0.000	0.997	0.996	2095.159	0.000
		人均居民最终消费支出		-0.035	-2.636	0.012				
		总生育率		0.308	36.639	0.000				
		超百万城市群的人口		-0.314	-33.004	0.000				
		人口密度		-0.189	-16.726	0.000				
		谷类产量		-0.092	-7.162	0.000				



续表

土耳其	1961~1983	人均 GDP		-0.044	-1.766	0.095	0.994	0.992	554.496	0.000
		人口密度		-0.239	-24.502	0.000				
		总生育率	0.110	0.206	15.606	0.000				
		超百万城市群的人口		-0.337	-14.821	0.000				
		耗电量		-0.157	-11.352	0.000				
土耳其	1983~2018	人均 GDP		-0.123	-6.228	0.000	0.994	0.993	863.021	0.000
		人口密度		-0.271	-15.293	0.000				
		总生育率	0.080	0.261	26.435	0.000				
		超百万城市群的人口		-0.232	-24.687	0.000				
		城镇人口增长率		0.133	6.877	0.000				
		农业用地		-0.059	-3.712	0.001				
危地马拉	1961~1973	人均 GDP		-0.080	-2.089	0.075	0.994	0.990	246.214	0.000
		人均居民最终消费支出		-0.140	-4.824	0.002				
		总生育率	0.090	0.262	13.989	0.000				
		超百万城市群的人口		-0.217	-7.742	0.000				
		人口密度		-0.289	-11.707	0.000				
危地马拉	1973~2018	人均 GDP		-0.186	-10.760	0.000	0.979	0.977	379.869	0.000
		总生育率		0.261	20.824	0.000				
		人口密度	0.173	-0.268	-25.705	0.000				
		谷类产量		-0.075	-3.114	0.003				
		农业用地		-0.298	-14.639	0.000				
中国	1961~1977	人均 GDP		0.003	0.068	0.947	0.992	0.989	365.706	0.000
		人口密度	0.053	-0.375	-10.242	0.000				
		谷类产量		-0.378	-7.865	0.000				
		农业用地		-0.236	-6.778	0.000				
中国	1977~2018	人均 GDP		-0.080	-3.860	0.000	0.984	0.981	307.231	0.000
		总生育率		0.086	3.795	0.001				
		人口密度		-0.194	-11.861	0.000				
		超百万城市群的人口	0.120	-0.206	-15.435	0.000				
		人口增长		0.173	6.706	0.000				
		高等院校入学率		-0.108	-5.550	0.000				
		谷类产量		-0.185	-8.625	0.000				

3.3. 关系转变的基本情况

3.3.1. 发生第一转变的 10 个国家的基本情况

起点时间最早为 1961 年(9 个国家), 最晚为 1982 年(1 个国家), 中位时间为 1961 年。第一转变最早

出现时间为 1969 年,最晚出现时间为 1994 年,中位时间为 1974 至 1975 年间。第一转变前持续最短时间为 9 年,最长为 23 年,中位时间为 13.5 年、平均为 14.4 年,第一转变后持续最短时间为 25 年,最长为 50 年,中位时间为 44.5 年、平均为 42.5 年。

起点婴儿死亡率最大值为 166.4‰,最小值为 94.4‰,中位数为 120.00‰、平均值为 122.84‰。第一转变时婴儿死亡率最大为 117.4‰,最小为 58.2‰,中位数为 82.55‰,平均为 85.96‰。终点(2018 年)婴儿死亡率最大值为 62.2‰,最小值为 6.1‰,中位数为 12.45‰,平均值为 18.36‰。起点人均 GDP 最大值为 375.22 US\$,最小值为 75.81 US\$,中位数为 263.64 US\$,平均值为 245.58 US\$。第一转变时人均 GDP 最大为 1310.26 US\$,最小为 185.42 US\$,中位数为 563.89 US\$,平均为 568.13 US\$。终点(2018 年)人均 GDP 最大值为 10144.20 US\$,最小值为 4472.89 US\$,中位数为 8523.93 US\$,平均值为 8074.18 US\$。

第一转变前的阶段,婴儿死亡率平均下降量最大值为 4.20‰,最小值为 1.32‰,中位数为 2.60‰,平均值为 2.67‰;平均下降速度最大值为 3.77%,最小值为 1.05%,中位数为 2.46%,平均值为 2.61%。人均 GDP 平均增长量最大值为 48.88 US\$,最小值为 4.57 US\$,中位数为 23.52 US\$,平均值为 23.12 US\$;平均增长速度最大值为 9.43%,最小值为 2.55%,中位数为 5.88%,平均值为 5.97%。

第一转变后阶段,婴儿死亡率平均下降量最大值为 2.30‰,最小值为 1.07‰,中位数为 1.76‰,平均值为 1.67‰;平均下降速度最大值为 5.93%,最小值为 2.61%,中位数为 3.97%,平均值为 4.11%。人均 GDP 平均增长量最大值为 413.91 US\$,最小值为 87.61 US\$,中位数为 175.25 US\$,平均值为 193.32 US\$;平均增长速度最大值为 17.53%,最小值为 5.41%,中位数为 5.92%,平均值为 7.44%。

### 3.3.2. 发生第二转变的 5 个国家的基本情况

起点最早时间为 1980 年,最晚时间为 2000 年,中位时间为 1990 年。第二转变最早出现时间为 2008 年,最晚出现为 2012 年,中位时间为 2012 年。第二转变前持续最短时间为 13 年,最长为 29 年,中位时间为 22 年,平均为 21.60 年;第二转变后持续最短时间为 7 年,最长为 11 年,中位时间为 7 年,平均为 8 年。

起点婴儿死亡率最大值为 29.1‰,最小值为 12.2‰,中位数为 12.6‰,平均值为 17.18‰。第二转变时婴儿死亡率最大为 16.4‰,最小为 3.9‰,中位数为 8.0‰,平均为 8.59‰。终点(2018 年)婴儿死亡率最大值为 6.4‰,最小值为 2.2‰,中位数为 5.2‰,平均值为 4.46‰。起点人均 GDP 最大值为 2238.80 US\$,最小值为 319.01 US\$,中位数为 1627.47 US\$,平均值为 1508.79 US\$。第二转变时人均 GDP 最大为 7590.70 US\$,最小为 4778.64 US\$,中位数为 6586.46 US\$,平均为 6620.15 US\$。终点(2018 年)人均 GDP 最大值为 9427.73 US\$,最小值为 6072.18 US\$,中位数为 8024.80 US\$,平均值为 7740.17 US\$。

第二转变前的阶段,婴儿死亡率平均下降量最大值为 0.88‰,最小值为 0.36‰,中位数为 0.40‰,平均值为 0.54‰;平均下降速度最大值为 8.05%,最小值为 2.55%,中位数为 5.24%,平均值为 5.05%。人均 GDP 平均增长量最大值为 413.28 US\$,最小值为 179.53 US\$,中位数为 247.76 US\$,平均值为 413.28 US\$;平均增长速度最大值为 16.23%,最小值为 4.29%,中位数为 8.07%,平均值为 9.29%。

第二转变后的阶段,婴儿死亡率平均下降量最大值为 0.40‰,最小值为 0.10‰,中位数为 0.27‰,平均值为 0.26‰;平均下降速度最大值为 11.57%,最小值为 1.80%,中位数为 4.65%,平均值为 5.46%。人均 GDP 平均增长量最大值为 376.60 US\$,最小值为-27.02 US\$,中位数为 215.59 US\$,平均值为 158.74 US\$;平均增长速度最大值为 5.04%,最小值为-0.42%,中位数为 2.64%,平均值为 2.30%。

### 3.4. 不同发展阶段的影响因素分析

第一转变前构建了 10 个有价值的回归模型,有 11 个自变量的回归系数 t 检验差异均有统计学意

义( $P < 0.05$ ), 人均 GDP 的回归系数差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。自变量回归系数的总影响力为 9.191, 前 5 位自变量分别为超百万城市群的人口、人口密度、农业用地、总生育率、谷类产量, 影响力为 7.404, 占总影响力的 80.56%。见表 2。人口因素回归系数影响力为 6.903, 占 66.29%, 是农业因素的 3.02 倍、经济因素的 12.77 倍、教育因素的 24.87 倍、卫生因素的 30.01 倍、能源与环境因素的 38.81 倍。见表 3。

两次转变间共构建了 15 个有价值的回归模型, 有 12 个自变量(其中包括人均 GDP)的回归系数  $t$  检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。自变量回归系数总影响力为 16.21, 前 5 位自变量分别为总生育率、人口密度、人均 GDP、超百万城市群的人口、人均居民最终消费支出, 影响力为 12.092, 占总影响力的 74.60%。见表 2。人口因素回归系数影响力为 10.494, 占 64.74%, 是经济因素的 3.41 倍、农业因素的 5.63 倍、教育因素的 16.19 倍、能源与环境因素的 81.98 倍。见表 3。

第二转变后共构建了 5 个有价值的回归模型, 有 10 个自变量的回归系数  $t$  检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), 人均 GDP 的回归系数差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。自变量回归系数的总影响力为 4.813, 前 5 位自变量分别为人口密度、人均居民最终消费支出、超百万城市群的人口、高等院校入学率、总生育率, 影响力为 3.707, 占总影响力的 77.02%。见表 2。人口因素回归系数影响力为 3.166, 占 65.78%, 是经济因素的 3.46 倍、教育因素的 8.44 倍、能源与环境因素的 12.77 倍、农业因素的 31.66 倍。见表 3。

**Table 2.** Comparison of the influence composition ratio of regression coefficients of factors influencing infant mortality at different development stages in 15 upper-middle-income countries that meet the “inflection point” hypothesis

**表 2.** 符合“拐点”假设的 15 中高收入国家不同发展阶段婴儿死亡率影响因素的回归系数影响力构成比比较

影响因素	第一转变前			两次转变间			第二转变后		
	频数	回归系数 影响力	构成比(%)	频数	回归系数 影响力	构成比(%)	频数	回归系数 影响力	构成比(%)
总生育率	4	0.851	9.26	13	4.109	25.35	1	0.339	7.04
人口密度	8	2.608	28.38	12	3.188	19.67	4	1.773	36.84
人均 GDP	0	0.000	0.00	15	2.107	13.00	0	0.000	0.00
超百万城市群的人口	7	2.36	25.68	6	1.718	10.60	2	0.598	12.42
人均居民最终消费支出	3	0.477	5.19	4	0.970	5.98	2	0.622	12.92
城镇人口增长率	0	0.000	0.00	5	0.781	4.82	1	0.228	4.74
农业用地	4	1.021	11.11	4	0.714	4.40	1	0.100	2.08
人口增长	1	0.274	2.98	4	0.698	4.31	1	0.228	4.74
谷类产量	3	0.564	6.14	5	0.683	4.21	0	0.000	0.00
高等院校入学率	1	0.245	2.67	3	0.648	4.00	1	0.375	7.79
耕地	3	0.431	4.69	3	0.466	2.87	0	0.000	0.00
耗电量	1	0.157	1.71	1	0.128	0.79	0	0.000	0.00
护士和助产士	1	0.203	2.21	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
调整后的国民净人均收入	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	1	0.293	6.09
甲烷排放量	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	1	0.257	5.34
合计	36	9.191	100.00	75	16.210	100.00	15	4.813	100.00

**Table 3.** Comparison of the composition ratio of regression coefficient influence classified by factors influencing infant mortality rate**表 3.** 按婴儿死亡率影响因素分类的回归系数影响力的构成比比较

影响因素分类	第一转变前			两次转变间			第二转变后		
	频数	回归系数影响力	构成比(%)	频数	回归系数影响力	构成比(%)	频数	回归系数影响力	构成比(%)
人口因素	20	6.093	66.29	40	10.494	64.74	9	3.166	65.78
经济因素	3	0.477	5.19	19	3.077	18.98	3	0.915	19.01
农业因素	10	2.016	21.93	12	1.863	11.49	1	0.100	2.08
能源与环境因素	1	0.157	1.71	1	0.128	0.79	1	0.257	5.34
教育因素	1	0.245	2.67	3	0.648	4.00	1	0.375	7.79
卫生因素	1	0.203	2.21	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
合计	36	9.191	100.00	75	16.210	100.00	15	4.813	100.00

## 4. 讨论

让·德雷兹、阿码蒂亚·森在研究经济发展与婴儿死亡率关系时，把通过高速增长可迅速降低婴儿死亡率，称为“增长引发”型，将不依赖经济高速增长、通过精心策划的社会扶助项目起作用迅速降低婴儿死亡率，称为“扶持导致”型。前期研究提出了“增长引发”与“扶持导致”协调作用降低婴儿死亡率的第三类型，并建议构建“超增长扶持”(卫生投入速度适当快于人均 GDP 增长速度)主动降低婴儿死亡率的新机制[7]。但上述均是基于相关分析得出的结论，仅反映了二者之间的密切程度，并不反应因果关系。有研究[17]使用 9 个选定的亚洲国家 2000~2018 年的数据，经面板数据回归分析论证了婴儿死亡率与社会经济因素的关系；有研究[18]使用 2003 年世界发展指标的 152 个国家的数据，对婴儿死亡率的五个社会经济预测因素进行多元线性回归分析；还有研究[19]调查了 1990~2012 年期间 28 个 OECD 国家特征对婴儿死亡率改善率的影响，亦通过最小二乘法多元线性回归分析构建了 10 个有统计学意义的模型。由于自变量间存在着多重共线性，故本文采用岭回归分析的方法。

### 4.1. 关系转变的基本规律

#### 4.1.1. 关于第一转变前的非积极影响阶段

截至 2018 年[11]，20 个低收入国家中 18 个国家仍处于第一转变前的非积极影响阶段，说明该阶段持续时间较长。结果表明，10 个国家发生了第一转变，推测在第一转变前长期处于非积极影响阶段。结合描述性分析结果，该阶段有 3 个特点：一是高婴儿死亡率，低人均 GDP，第一转变时婴儿死亡率虽大幅下降仍居高位，人均 GDP 有所提升但仍处低位，二是持续时间应当较长，但限于数据缺失有待进一步验证，三是人均 GPD 不是影响因素。

持续的高婴儿死亡率、低人均 GDP，处于贫困甚或极度贫困状态，二者不相关，若出现阶段性波动甚或呈现正相关，人均 GDP 不是婴儿死亡率的影响因素甚或是消极影响因素，难以转变为对健康产出的有效改善。随着时间的推移，婴儿死亡率下降，人均 GDP 增长，至第一次转变时，延续时间较长，是可以理解的。鉴于人均 GDP 不是影响因素，盲目扩大投入可能会浪费有限的经费，防控重点应放在充分发挥“扶持导致”作用上，实施社会公共服务保障项目。

#### 4.1.2. 关于两次转变间的积极影响阶段

两次转变间的积极影响阶段包括第一转变后阶段、第二转变前阶段。该阶段有 4 个特点：一是积极

影响阶段持续时间长,二是人均 GDP 是积极影响因素,与健康生产函数[13]对健康产出的促进作用相一致,三是婴儿死亡率起点较高、终点较小,人均 GDP 起点较小、终点较高,四是人均 GDP 的平均增长量大于、平均增长速度快于非积极影响阶段。5 个国家第二转变前的持续时间短于 10 个国家第一转变后的持续时间,与这 5 个国家数据起点的时间偏晚有关,推测在这之前仍有相当长时间处于积极影响阶段,同时也推测发生第一转变的 10 个国家仍要持续一定时期才会发生第二转变。

在第一转变前婴儿死亡率从很高向较高下降有较大的下降空间,而第一转变后婴儿死亡率从较高向较低发展,下降空间相对较小,故而出现了两次转变间的平均下降量小于第一转变前的现象。在积极影响阶段,起点相对较高的婴儿死亡率、低的人均 GDP,随着时间的推移,婴儿死亡率持续稳步下降,而人均 GDP 大幅增长,发展为相对较低的婴儿死亡率、相对较高的人均 GDP,使二者负相关成为可能,人均 GDP 成为积极的影响因素成为必然趋势。因此,在该阶段要充分发挥人均 GDP 的“增长引发”作用,但也不能放松“扶持导致”作用,防控的重点在于构建“增长引发”与“扶持导致”协同作用的机制[7],还可结合地区性经济社会发展水平,构建“超增长扶持”主动降低婴儿死亡率的新机制[7],缩短积极影响阶段。若忽视投入,将错失发展之机,甚或被动延长积极影响阶段。

关于中国的关系转变,基于相关分析 1970~1975 年被认为是最初相关转折期[7],基于回归分析在 1970~1980 年发生了第一转变[8],但该文献的阶段分组具有较大的局限性。本文基于相关分析最小分组构建回归模型,第一转变时间发生在 1977 年。因分组方法不同,转变时间略有差别,第一转变事实存在,本文的转变时间更为确切。

#### 4.1.3. 关于第二转变后的非积极影响阶段

据描述性分析结果,该阶段有 4 个特点:一是第二转变出现时间较晚,二是持续时间虽短,但未来将会长期持续,三是低婴儿死亡率、高人均 GDP,四是婴儿死亡率、人均 GDP 的平均发展水平均低于积极影响阶段。

该阶段很低的婴儿死亡率向更低发展,下降空间有限,当进入低水平持续状态时,婴儿死亡率下降速度放缓、停滞、甚或短暂反弹抬升;同时,该阶段人均 GDP 处于高体量状态,增长速度渐缓,也会出现停滞,甚至暂时性的波动。二者关系呈现为不相关、正相关,人均 GDP 不再是积极影响因素,这与边际效益递减规律基本一致。尽管该阶段有足够的财力,盲目扩大投入,将会造成资源浪费。防控重点应当是稳定基本公共卫生投入力度,全方位优化公共服务政策,提高投入效率和质量,进一步聚焦低水平持续状态的婴儿死亡病因,加大针对性的科技攻关投入。

#### 4.1.4. 不符合“拐点”假设国家所处阶段的初步判断

30 个国家未发生转变,处于两次转变间的积极影响阶段。另有 4 个国家未发生转变,按回归模型无法判断。主要原因是人均 GDP 的增长停滞、大幅波动、频繁波动,少数是由于婴儿死亡率的反弹回升。结合三个阶段的特点,这些国家大致处于两次转变间的积极影响阶段,个别国家或将发生第二转变,正处于积极影响阶段向非积极影响阶段发展演变过程中。

### 4.2. 关于婴儿死亡率下降的理想历程

婴儿死亡率总体上呈现下降趋势,其理想的下降历程大致是从高婴儿死亡率向中等婴儿死亡率下降,再由中等婴儿死亡率向低婴儿死亡率下降,最后婴儿死亡率维持在低水平持续状态。从下降速度看表现为快速下降、缓慢下降、下降停滞、反弹抬升等类型。结合人均 GDP 与婴儿死亡率的关系,高婴儿死亡率大多处于第一转变前的非积极影响阶段、第一转变前后由非积极影响向积极影响的转变过程中,中等婴儿死亡率大致处于第一转变与第二转变之间的积极影响阶段,低婴儿死亡率处于第二转变前后从积极



影响向非积极影响转变的过程中,低水平持续状态婴儿死亡率处于第二转变后的非积极影响阶段。从高等向中等婴儿死亡率或从中等向低婴儿死亡率下降过程中,下降的空间相对较大,有快速下降的可能。从低婴儿死亡率向低水平持续状态发展,下降空间有限,则表现为缓慢下降。在低水平持续状态,婴儿死亡率从很低向极低发展,下降空间极为有限,则表现为下降停滞甚或短暂抬升。当防控策略得当、方法举措有效,可加快下降速度,缩短下降历程。否则,会延缓下降速度,甚或出现下降停滞、反弹波动,被动拉长下降历程。

### 4.3. 影响因素分析及防控举措探讨

#### 4.3.1. 人口因素占主导地位,应针对人口因素优化资源配置,提高社会公共服务效能

结果表明,人口因素回归系数影响力在第一转变前 66.29%,两次转变间占 64.74%,第二转变后占 65.78%,始终位居主导地位。人口因素与婴儿死亡率存在着复杂的关系,影响着经济社会发展水平,影响居民健康水平。针对人口因素,应实施“扶持导致”系列政策,完善生育政策,推进城市化进程,优化公共资源配置,构建社会保障体系。随着经济社会的发展,要着力缩小地区差距、贫富差距,提供可及、均等、高效的社会公共服务。当社会公共服务与区域人口因素相匹配时,有利于促进婴儿死亡率的下降,否则婴儿死亡率下降放缓、停滞、甚或反弹抬升,在回归模型中出现了人口因素标准化回归系数符号矛盾的现象,可能与此有较大的关系。

#### 4.3.2. 经济、能源与环境、教育、农业、卫生等因素处于次要地位,但也是不可忽略的力量

首先,不能放大也不可忽视经济因素的作用。结果显示,人均 GDP 并不总是影响因素,经济投入应做到适时、适度。积极影响阶段要扩大公共服务投入进度,建议与人均 GDP 增长速度持平,条件许可时可适当快于人均 GDP 的增长速度,以构建“超增长扶持”主动降低婴儿死亡率新机制。在第二转变后的非积极影响阶段,人均 GDP 处于高体量状态,投入的重点方向应放在开发并推广应用先天性、遗传性、代谢性疾病的筛查、诊断、治疗新技术。

其次,要加强农业生产,提供生存基本保障。有文献报道谷类产量是不同收入国家 2000~2016 年婴儿死亡率的影响因素之一[20]。有研究[21]发现粮食短缺增加婴儿死亡率。还有研究[22]发现 2001~2011 年 95 个发展中国家因食品价格上涨导致最贫穷国家的婴儿和儿童死亡率上升。结果显示,农业因素回归系数影响力在第一转变前占 21.93%、两次转变间占 11.49%、第二转变后占 2.08%。提示处于第一转变前与两次转变间的国家,有必要要保护耕地,保障农业用地,不断提高粮食产量。

第三,加强公共卫生管理,提高生存质量。尽管结果表明,卫生因素仅在第一转变前发挥微弱作用,而在两次转变间、第二转变后并不发挥作用,这可能与卫生指标数据收集不齐全有关。但有研究[21]表明 1995 年至 2013 年 84 个发展中经济体增加获得改善的供水、卫生设施和医疗保健设施的机会将显著降低世界各地发展中经济体的儿童死亡率。还有研究[3]发现拉脱维亚、立陶宛婴儿死亡率与医疗保健总支出占国内生产总值的百分比呈显著的相关性。有必要扩大妇幼公共卫生覆盖面,提供均等化的妇幼健康服务项目,针对婴儿死亡病因落实保障措施。

第四,实施全民教育,提升教育素养。有报道,中小学女生与男生入学比例、高等院入学率是中国婴儿死亡率的影响因素[8],小学生总毕业率也是不同收入国家婴儿死亡率的影响因素[20],多个国家的女性教育与婴儿死亡率负相关[23][24]。受教育程度与职业选择有关,与家庭收入、生活条件有较大关系。教育能提高健康认知水平、健康需求,能够更好提高自觉接受健康服务的能力。各国政府要重视女性教育,实施全民教育,着力提高公民的教育素养。

最后,保护生态环境,营造宜居环境。能源使用增长,随之而来的污染排放也势必随之增加。二氧化碳[20]、一氧化碳[25]、一氧化氮[26]、二氧化硫[19]、PM2.5 暴露[27]水平与婴儿死亡率相关联。各国



要建立可持续发展的法律法规、政策制度，致力于保护生态环境，促进人与自然和谐发展。

#### 4.4. 局限性

婴儿死亡率不同维度的指标数据收集尚不够全面、齐全。各国数据的完整性存在不同程度的缺失。不同阶段纳入模型的自变量并不完全一致。随着时间的推移，未来收集的指标数据增多了，基于相关分析的最小分组可能会有变化。仅对人均 GDP、婴儿死亡率的现状水平及动态变化进行了测算与描述性分析。有研究[28]利用美国 1975~2004 年资料数据，采用 2SLS-IV 方法，证实了收入的增加与婴儿死亡率的降低有关；还有系统评价了 24 项发展中国家的研究文献，认为收入是儿童生存的一个重要决定因素[29]，本研究纳入了调整后的国民净人均收入，仅是 1 个国家第二转变后的影响因素，与文献资料不一致，有待深入探索研究。另外，“拐点”假设的验证方法还可创新，比如，使用断点检验或门槛回归等方法，进一步论证假设。

#### 5. 小结

基于世界银行数据库的更新数据，对 49 个中高等收入国家构建阶段性的岭回归模型，在单维分析基础上，构建“六位一体分析框架”，经观察人均 GDP 回归系数 t 检验结果的阶段性变化，有 15 个国家符合人均 GDP 与婴儿死亡率关系变化的“拐点”假设。其中，巴西、赤道几内亚、多米尼加、厄瓜多尔、哥伦比亚、秘鲁、墨西哥、土耳其、危地马拉、中国等 10 个国家发生了第一转变；白俄罗斯、保加利亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、黑山、黎巴嫩等 5 个国家发生了第二转变。不符合“拐点”假设的 34 个国家，绝大部分处于两次转变间的积极影响阶段，个别国家正向第二转变演进，有待进一步验证。

在两次转变所形成的三个阶段中，人口因素始终占据着主导地位，经济、农业、教育、卫生、能源与环境因素位居次要地位，人均 GDP 并不总是婴儿死亡率的影响因素。在第一转变前的非积极影响阶段，人均 GDP 不是影响因素，盲目扩大投入会浪费有限的经费，防控策略的重点应放在充分发挥公共政策的“扶持导致”作用上。在两次转变间的积极影响阶段，要充分发挥人均 GDP 的“增长引发”作用，构建“增长引发”与“扶持导致”协同作用的机制，酌情构建“超增长扶持”主动降低婴儿死亡率的新机制。在第二转变后的非积极影响阶段，应稳定并进一步优化公共服务保障措施，进一步聚焦低水平持续状态的婴儿死亡病因，加大针对性的科技攻关投入。

#### 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] Erdoğan, 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>
- [2] Chen, W., Clarke, J.A. and Roy, N. (2014) 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>
- [3] Ebela, I., Zile, I., Ebela, D. and Rozenfelde, I. (2013) Infant Mortality Gap in the Baltic Region-Latvia, Estonia, and Lithuania—In Relation to Macroeconomic Factors in 1996-2010. *Medicina*, **49**, 453-461. <https://doi.org/10.3390/medicina49100071>
- [4] Turrell, G. and Mengersen, K. (2000) Socioeconomic Status and Infant Mortality in Australia: A National Study of Small Urban Areas, 1985-89. *Social Science & Medicine*, **50**, 1209-1225. [https://doi.org/10.1016/s0277-9536\(99\)00300-7](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(99)00300-7)
- [5] 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>
- [6] Kim, K. (2019) Revisiting the Income Inequality Hypothesis with 292 OECD Regional Units. *International Journal of Health Services*, **49**, 360-370. <https://doi.org/10.1177/0020731418814105>
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [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]. 2025, 14(12): 85-115.
- [13] 王俊, 昌忠泽. 中国宏观健康生产函数: 理论与实证[J]. 南开经济研究, 2007(2): 20-42.
- [14] 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>
- [15] 李鸿斌. 中国婴儿死亡率发展趋势研究——动态数列分析法的应用[J]. 中国人口科学, 2013, 33(6): 39-49.
- [16] 方积乾. 卫生统计学[M]. 第七版. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 199-200.
- [17] 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>
- [18] 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>
- [19] 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>
- [20] 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.
- [21] Lu, Z., Bandara, J.S. and Paramati, S.R. (2020) Impact of Sanitation, Safe Drinking Water and Health Expenditure on Infant Mortality Rate in Developing Economies. *Australian Economic Papers*, **59**, 13-33. <https://doi.org/10.1111/1467-8454.12167>
- [22] Lee, H., Lee, S.A., Lim, J. and Park, C. (2016) Effects of Food Price Inflation on Infant and Child Mortality in Developing Countries. *The European Journal of Health Economics*, **17**, 535-551. <https://doi.org/10.1007/s10198-015-0697-6>
- [23] Patel, K.K., Rai, R. and Rai, A.K. (2021) Determinants of Infant Mortality in Pakistan: Evidence from Pakistan Demographic and Health Survey 2017-18. *Journal of Public Health*, **29**, 693-701. <https://doi.org/10.1007/s10389-019-01175-0>
- [24] Dutta, U.P., Gupta, H., Sarkar, A.K. and Sengupta, P.P. (2020) Some Determinants of Infant Mortality Rate in SAARC Countries: An Empirical Assessment through Panel Data Analysis. *Child Indicators Research*, **13**, 2093-2116. <https://doi.org/10.1007/s12187-020-09734-8>
- [25] Son, J., Cho, Y. and Lee, J. (2008) Effects of Air Pollution on Postneonatal Infant Mortality among Firstborn Infants in Seoul, Korea: Case-Crossover and Time-Series Analyses. *Archives of Environmental & Occupational Health*, **63**, 108-113. <https://doi.org/10.3200/aeoh.63.3.108-113>
- [26] Inoue, T., Nunokawa, N., Kurisu, D. and Ogasawara, K. (2020) Particulate Air Pollution, Birth Outcomes, and Infant Mortality: Evidence from Japan's Automobile Emission Control Law of 1992. *SSM-Population Health*, **11**, Article 100590. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2020.100590>
- [27] Jung, E.M., Kim, K., Park, H., Shin, H.H., Kim, H.S., Cho, S.J., *et al.* (2020) Association between Prenatal Exposure to PM<sub>2.5</sub> and the Increased Risk of Specified Infant Mortality in South Korea. *Environment International*, **144**, Article 105997. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105997>
- [28] Rivero, C. and Acuna, P. (2021) Income Shocks and Child Mortality Rates: Evidence from Fluctuations in Oil Prices. *The Economics and Finance Letters*, **8**, 70-81. <https://doi.org/10.18488/journal.29.2021.81.70.81>
- [29] O'Hare, B., Makuta, I., Chiwaula, L. and Bar-Zeev, N. (2013) Income and Child Mortality in Developing Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the Royal Society of Medicine*, **106**, 408-414. <https://doi.org/10.1177/0141076813489680>