

# 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

李鸿斌

如皋市妇幼保健计划生育服务中心，江苏 如皋

收稿日期：2023年7月18日；录用日期：2023年8月11日；发布日期：2023年8月18日

## 摘要

目的：论证低收入国家是否存在人均GDP与婴儿死亡率关系变化的转折，判断人均GDP是否是婴儿死亡率的关键性影响因素，寻找不同阶段婴儿死亡率的影响因素。方法：以20个低收入国家婴儿死亡率及经济社会指标为研究对象，以测算的婴儿死亡率与人均GDP相关分析最小样本量为基础，进行阶段性分组。通过相关分析判断婴儿死亡率与人均GDP从非负相关向负相关的关系转变，再以婴儿死亡率为因变量，各经济社会指标为自变量，分别进行阶段性岭回归分析，进一步判断人均GDP对婴儿死亡率从无积极影响向有积极影响的关系转变。自变量的回归系数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，比较标准化回归系数绝对值大小判断对婴儿死亡率的影响程度。结果：20个低收入国家婴儿死亡率、人均GDP处于全球低层次水平，婴儿死亡率总体上呈下降趋势，但平均下降量小、下降速度缓慢，人均GDP总体上呈增长趋势，但平均增长量小、增长速度缓慢。在78个阶段中，婴儿死亡率与人均GDP有45个(57.69%)阶段呈不同程度的相关关系、33个(42.31%)阶段无相关关系。尼日尔1981年前1个阶段二者无相关关系，后两个阶段呈负相关系；卢旺达1980年前2个阶段二者无相关关系，后3个阶段呈负相关系。78个阶段的岭回归模型F检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )，k值均较小， $R^2$ 均接近1。在45个相关阶段中有20个阶段、在33个不相关阶段中有28个阶段人均GDP回归系数t检验差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )，另外在5个国家的6个阶段中出现了总生育率、城镇人口增长率、谷类产量、农业用地面积、人均居民最终消费支出、 $CO_2$ 排放量等6个自变量的回归系数t检验差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )，除此之外，其他自变量的回归系数t检验差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。尼日尔在2000年前的2个阶段中，1个阶段的人均GDP回归系数t检验差异无统计学意义( $P > 0.05$ )、一个有统计学意义( $P < 0.05$ )但标准回归系数为正值，后1个阶段有统计学意义( $P < 0.05$ )且标准回归系数为负值；卢旺达在2000年前的4个阶段中，3个阶段人均GDP回归系数t检验差异无统计学意义( $P > 0.05$ )、1个阶段有统计学意义( $P < 0.05$ )但标准回归系数为正值，后2个阶段差异有统计学意义( $P < 0.05$ )且标准回归系数为负值。岭回归模型自变量回归系数t检验差异有统计学意义的经济社会因素指标共24个，累积频数为412例次。其中，人口相关因素包括人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率(53.16%)；农业相关因素包括农业用地、耕地、农业用地面积、农业增加值、谷类产量(16.50%)；环境与能源相关因素包括 $CO_2$ 排放量、一氧化氮排放量、甲烷排放量、通电率、耗电量、能源使用量(13.11%)；经济相关因素包括人均GDP、人均居民最终消费支出、人均当前卫生支出、卫生支出占比(10.68%)；教育相关因素包括小学生毕业率、中小学女生与男生的入学比例、高等院校入学率(5.10%)；卫生相关因素仅感染HIV的成年女性(1.46%)。前十位影响因素依次为人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、人均GDP、农业用地、人口增长、城镇人口增长率、耕地、一氧化氮排放量、甲烷排放量(79.37%)。人均GDP在每个阶段的婴儿死亡率第一、第二影响因素中均位居第5，第三影响因素中位居第17，第四影响因素中位居第2，第五影响因素中位居第4。结论：低收入国家婴儿死亡率下降态势不容乐观。人均GDP与婴儿死亡率关系缺

乏稳定性，仅尼日尔、卢旺达出现了从无积极影响向有积极影响的关系变化。婴儿死亡率影响因素复杂，人口相关因素占主导位置，农业、环境与能源、经济、教育、卫生等相关因素处于次要位置，人均GDP并不总是婴儿死亡率的影响因素。政府高度重视儿童生存发展，政府主导落实并适时调整防控策略，是取得实效的关键所在。

### 关键词

婴儿死亡率，人均GDP，低收入国家，影响因素，岭回归分析

# Ridge Regression Analysis of Factors Influencing Infant Mortality Rates in 20 Low-Income Countries Based on Downloaded Data from the World Bank

Hongbin Li

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

Received: Jul. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 11<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 18<sup>th</sup>, 2023

### Abstract

**Objectives:** To demonstrate whether there is a turning point in the relationship between infant mortality rate and per capita GDP in low-income countries, judge whether per capita GDP is the key influencing factor of infant mortality rate, and find out the influencing factors of infant mortality rate at different stages. **Methods:** The infant mortality rate and economic and social indicators of 20 low-income countries were taken as the research objects, and were divided into stages based on the minimum sample size of the correlation analysis between the infant mortality rate and the per capita GDP. Through correlation analysis, it was judged that the relationship between infant mortality and per capita GDP changed from non-negative correlation to negative correlation. Then, with infant mortality as the dependent variable and various economic and social indicators as the independent variable, the stage ridge regression analysis was carried out respectively to further judge that the relationship between per capita GDP and infant mortality changed from no positive impact to positive impact. The independent variable with statistically significant difference in the regression coefficient t test of the independent variable is considered as the influencing factor of infant mortality. The absolute value of the standardized regression coefficient is compared to determine the degree of influence on infant mortality. **Results:** The infant mortality rate and per capita GDP of the 20 low-income countries were at the low level in the world. The infant mortality rate generally showed a downward trend, but the average decline was small and the decline rate was slow. The per capita GDP generally showed a growth trend, but the average growth was small and the growth rate was slow. Among the 78 stages, there were 45 (57.69%) stages of correlation between infant mortality and per capita GDP, and 33 (42.31%) stages had no correlation. There was no correlation between the two in the first stage of the Niger in 1981, while the latter two stages showed a negative correlation; in Rwanda, there was no correlation between the two in the first two stages of 1980, and there was a negative correlation in the last three stages.

The difference of F test of ridge regression model in 78 stages was statistically significant ( $P < 0.05$ ), k value was small, and  $R^2$  was close to 1. There was no statistically significant difference in the regression coefficient t test of GDP per capita in 20 of 45 related stages and 28 of 33 unrelated stages ( $P > 0.05$ ), in six stages of five countries, the regression coefficient t-test difference of six independent variables, including total fertility rate, urban population growth rate, grain yield, agricultural land area, per capita final consumption expenditure of residents, and CO<sub>2</sub> emissions, was not statistically significant ( $P > 0.05$ ), in addition, the regression coefficient t-test difference of other independent variables was statistically significant ( $P < 0.05$ ). In the two stages of Niger before 2000, the regression coefficient of GDP per capita in one stage had no statistical significance ( $P > 0.05$ ), while the other had statistical significance ( $P < 0.05$ ), but the standard regression coefficient was positive, and the latter stage had statistical significance ( $P < 0.05$ ), and the standard regression coefficient was negative; in Rwanda, in the four stages before 2000, there was no statistically significant difference in the regression coefficient t test of per capita GDP in the three stages ( $P > 0.05$ ), and there was statistical significance in the one stage ( $P < 0.05$ ), but the standard regression coefficient was positive, and the difference in the last two stages was statistically significant ( $P < 0.05$ ), and the standard regression coefficient was negative. There were 24 indicators of economic and social factors with statistically significant differences in the regression coefficient t test of independent variables of ridge regression model, and the cumulative frequency was 412 cases. Among them, population related factors included population density, total fertility rate, population of more than one million urban agglomeration, population growth, and urban population growth rate (53.16%); agricultural related factors included agricultural land, cultivated land, agricultural land area, agricultural added value and grain yield (16.50%); environmental and energy-related factors included CO<sub>2</sub> emissions, nitric oxide emissions, methane emissions, power-on rate, power consumption, and energy use (13.11%); economic related factors included per capita GDP, per capita final consumption expenditure, per capita current health expenditure, and the proportion of health expenditure (10.68%); education related factors included the graduation rate of primary school students, the enrollment ratio of girls and boys in primary and secondary schools, and the enrollment rate of colleges and universities (5.10%); health related factors only affect adult women infected with HIV (1.46%). The top ten influencing factors were population density, total fertility rate, population of more than one million urban agglomeration, per capita GDP, agricultural land, population growth, urban population growth rate, cultivated land, nitric oxide emissions, methane emissions (79.37%). Per capita GDP ranked fifth among the first influencing factors of infant mortality at each stage, fifth among the second influencing factors, seventeenth among the third influencing factors, second among the fourth influencing factors and fourth among the fifth influencing factors. Conclusions: The decline of infant mortality in low-income countries is not optimistic. The relationship between per capita GDP and infant mortality is unstable. Only Niger and Rwanda have changed from no positive impact to positive impact. The influencing factors of infant mortality are complex, and the population-related factors occupy the leading position, while the related factors such as agriculture, environment and energy, economy, education and health are in the secondary position. The per capita GDP is not always the influencing factor of infant mortality. The government must attach great importance to the survival and development of children, and the government should lead the implementation and timely adjustment of prevention and control strategies, which is the key to achieving results.

## Keywords

Infant Mortality Rate, GDP per Capita, Low-Income Countries, Influencing Factors, Ridge Regression

Copyright © 2023 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。众多文献报道[1]-[7]，经济发展是婴儿死亡率的重要影响因素，有研究发现[8]，在上世纪七十年代初中国人均GDP与婴儿死亡率首次出现了从不相关向负相关的转折，提出了人均GDP与婴儿死亡率关系的“拐点”假设，现阶段婴儿死亡率与人均GDP的负相关是由过去某个时期的非负相关转折而来、在未来还会再向非负相关转折而去，论证“拐点”假设可能对于调整防控策略有一定的提示作用，有利于规避盲目投入与资源浪费[9]。COVID-19大流行，迅速成为人类历史上最严重的危机。疫情暴露并加剧了不平等和不公正现象[10]。2030年全球可持续发展目标工作进展受到严重破坏，偏离了正确的发展轨道。来自62个国家(主要是中低收入国家)的1120份针对新生儿保健提供者的调查[11]，收集了有关新冠肺炎防备、对卫生人员和新生儿护理服务(包括袋鼠母亲护理)的影响以及干扰因素和解决方案的数据。结果表明，应对新冠肺炎的准备工作并不理想，超过85%的卫生人员担心自己的健康、89%的人压力增加，由于寻求护理的人数减少和劳动力不足，新生儿护理实践受到干扰。对于早产或低出生体重儿，袋鼠妈妈式护理(早期、长时间与父母的肌肤接触和纯母乳喂养)极其重要，但在许多国家，如果母亲确诊或疑似感染COVID-19，通常会将新生儿与母亲分离，使他们面临更高的死亡风险或终身的并发症。另有研究估计[12]，在卫生机构普遍覆盖袋鼠式母亲护理(KMC)的127个国家，当KMC覆盖率降低50%可能导致12,570例新增死亡，而完全中断可能导致25,140例新增死亡，这意味着127个国家的新生儿死亡率增加了2.3%~4.6%。据WHO最近的估计[13]，每年有1500万名婴儿早产(37周之前)，2100万名婴儿出生体重不足(2.5公斤以下)，面临严重的健康风险，与早产相关的并发症是新生儿和5岁以下儿童死亡的主要原因。COVID-19大流行严重影响了婴幼儿和患病新生儿的护理质量，导致了不必要的痛苦和死亡，在早产和婴儿死亡人数最多的最贫穷国家，情况尤其如此[13]。COVID-19疫情使婴儿死亡率的综合影响因素向不利方向发展甚至迅速恶化[14]，最贫困、最脆弱的群体受影响最为严重[10]，导致数十年来全球贫困首次增加，7100万人在2020年陷入极端贫困；受中度和重度粮食不安全影响的人口由2014年的22.4%上升到2019年的25.9%；加剧了全球10亿贫民窟居民的脆弱性，饱受住房不足之苦，基本基础设施和服务有限甚或根本没有；约有70个国家报告2020年3月和4月间，儿童疫苗接种服务出现中度至严重的中断或者完全暂停；2019年有1.44亿的儿童发展迟缓，4700万的儿童消瘦，还可能因疫情进一步恶化。有文献报道[15]，人均GDP、人均当前卫生支出是高收入国家、但不是低收入国家的首要和第二位影响因素，尚缺乏足够的国别证据。低收入国家婴儿死亡率发展趋势如何？经济发展是关键性影响因素吗？尤其在当前全球经济复苏乏力的形势下，低收入国家发挥经济因素对降低婴儿死亡率的作用很可能见效甚微[15]。低收入国家却占据全球很高的婴儿死亡率，有较大的下降空间，有效降低低收入国家的高婴儿死亡率却是实现2030年儿童死亡率目标的重点所在。因此，有必要深入探索低收入国家婴儿死亡率的影响因素。本研究基于世界银行2021年12月16日的更新数据对全球20个低收入国家婴儿死亡率影响因素进行阶段性岭回归分析，寻找关键性影响因素，致力于论证“拐点”假设，为后疫情时期积极防控婴儿死亡率反弹调整防控策略提供参考依据。

## 2. 对象与方法

### 2.1. 研究对象

从世界银行数据库下载婴儿死亡率(%)及相关经济社会指标数据，数据更新时间为2021年12月16日。共有28个国家被归类为低收入国家，选择中非共和国、乍得、乌干达、苏丹、塞拉利昂、尼日尔、莫桑比克、马里、马拉维、马达加斯加、卢旺达、利比里亚、几内亚比绍共和国、几内亚、刚果(金)、冈

比亚、多哥、布隆迪、布基纳法索、埃塞俄比亚等 20 个低收入国家纳入研究，阿富汗、朝鲜、南苏丹、索马里、也门共和国、阿拉伯叙利亚共和国、委内瑞拉、厄立特里亚等 8 个低收入国家因人均 GDP 或婴儿死亡率数据缺失严重未纳入研究。

经济社会相关指标包括总生育率(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)、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)、国家政策和制度评估(CPIA)公共部门管理和机构集群平均值(1 = 低至 6 = 高)、CO<sub>2</sub> 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)、人均 GDP (current US\$, 使用 2020 年 12 月 16 日的更新数据)、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)、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)、谷类产量(每公顷千克数)、农业增加值(占 GDP 的百分比)、耕地(占土地面积的百分比)、农业用地(占土地面积的百分比)、农业用地面积(平方公里)等 27 个指标。在 2021 年 12 月 16 日的更新数据中人均 GDP 的单位为 currentLCU，以各国现价本币为单位，人均当前卫生支出的单位均为 current US\$，其他指标的单位均相一致，为统一指标单位的一致性，人均 GDP 使用 2020 年 12 月 16 日的更新数据。

## 2.2. 研究方法

### 2.2.1. 数据标准化

因婴儿死亡率、各经济社会因素指标的量纲及数量级不同，首先对各指标数据进行 Z-score 标准化，并进行正态分布检验，当差异无统计学意义，或比较峰值与偏度再结合直方图虽不绝对正态但可接受为正态分布，方可纳入模型分析。

### 2.2.2. 阶段分组方法

以人均 GDP 与婴儿死亡率相关性的最小样本数作为阶段性分组的依据。世界银行公开数据库提供了 1960~2019 年间大多数国家人均 GDP 及婴儿死亡率的相关年度数据(少数例外，起始时间略有差别)，分别测算 20 个低收入国家最长连续时期的婴儿死亡率与人均 GDP 的相关系数，作为该国家的总体相关系数( $r$ )，根据相关分析样本量估算公式[16]:  $n = 4 \left[ (z_{\alpha/2} + z_{\beta}) / \ln(1+r/1-r) \right]^2 + 3$ ，在  $\alpha = 0.05$ ， $1-\beta = 0.90$  的水平上得到相关系数有统计学意义的最少样本数( $z_{0.05/2} = 1.96$ ， $z_{0.1} = 1.282$ )，计算不同低收入国家相关分析分组的最小样本量( $n$ )，然后结合各下载指标数据完整性的实际情况，进行阶段性分组，20 个低收入国家组内最小样本量及实际分组情况见表 1。

**Table 1.** Sample size estimation and grouping of correlation analysis between infant mortality rate and per capita GDP in 20 low-income countries

**表 1.** 20 个低收入国家婴儿死亡率与人均 GDP 相关分析的样本量估算与分组

国家	测算起始年度	相关系数	P 值	组内最小样本量	分组起始年度	实际分组数
中非共和国	1960~2019 年	-0.833	0.000	10.325	1961~2018 年	5
乍得	1972~2019 年	-0.833	0.000	10.325	1972~2018 年	4
乌干达	1960~2019 年	-0.898	0.000	7.919	1961~2018 年	6
苏丹	1960~2019 年	-0.782	0.000	12.524	1961~2018 年	4

**Continued**

塞拉里昂	1960~2019 年	-0.801	0.000	11.664	1961~2018 年	5
尼日尔	1967~2019 年	-0.749	0.000	14.155	1967~2018 年	3
莫桑比克	1991~2019 年	-0.833	0.000	8.446	1991~2018 年	3
马里	1967~2019 年	-0.905	0.000	7.676	1967~2018 年	5
马拉维	1965~2019 年	-0.911	0.000	7.470	1965~2018 年	5
马达加斯加	1968~2019 年	-0.457	0.001	46.155	1968~2018 年	1
卢旺达	1960~2019 年	-0.934	0.000	6.685	1961~2018 年	6
利比里亚	2000~2019 年	-0.854	0.000	9.509	2000~2018 年	2
几内亚比绍共和国	1985~2019 年	-0.953	0.000	6.027	1985~2018 年	4
几内亚	1986~2019 年	-0.721	0.000	15.700	1986~2018 年	2
刚果(金)	1969~2019 年	-0.131	0.359	608.449	1969~2018 年	1
冈比亚	1966~2019 年	-0.893	0.000	8.093	1966~2018 年	5
多哥	1960~2019 年	-0.917	0.000	7.265	1961~2018 年	6
布隆迪	1964~2019 年	-0.737	0.000	14.798	1964~2018 年	3
布基纳法索	1960~2019 年	-0.913	0.000	7.402	1961~2018 年	6
埃塞俄比亚	1981~2019 年	-0.644	0.000	20.961	1981~2018 年	2

**2.2.3. 人均 GDP 与婴儿死亡率关系变化转折的确定方法**

分别以 20 个低收入国家阶段性婴儿死亡率与人均 GDP 为基础进行双变量 Pearson 相关分析, 根据相关分析结果寻找关系变化转折。人均 GDP 与婴儿死亡率呈负相关且差异有统计学意义, 定义为负相关, 其他情形包括不相关和正相关, 定义为非负关系。考虑促进婴儿死亡率下降, 负相关才有意义, 从非负相关向负相关的转变视为二者关系变化的转折, 应保持一定的稳定性, 缺乏稳定性不确定为关系变化的转折。

**2.2.4. 婴儿死亡率影响因素的确定方法**

以阶段性婴儿死亡率为因变量, 以该阶段经济社会因素指标为自变量, 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。

通过观察岭回归分析结果判断婴儿死亡率的影响因素, 当回归方程有显著性意义、拟合优度较好时, 回归系数假设检验有统计学意义的自变量为婴儿死亡率的影响因素, 无统计学意义的自变量不认定为影响因素。当标准化回归系数为负号时表示该自变量对婴儿死亡率下降发挥积极作用, 为正号时表示该自变量对婴儿死亡率下降发挥消极作用, 通过比较标准化回归系数绝对值的大小判断自变量对婴儿死亡率的影响程度。

### 2.2.5. 关系变化转折的验证方法

根据相关系数和人均 GDP 的标准化回归系数的符号、相关分析和回归系数的显著性检验结果判断是否通过验证。当岭回归方程显著性检验有统计学意义，且拟合优度较好时，观察人均 GDP 的标准化回归系数符号与该阶段相关分析相关系数的符号是否一致，回归系数与相关分析的显著性检验结果是否一致，当二者均一致时表示通过验证。人均 GDP 对婴儿死亡率的积极影响有助于促进婴儿死亡率下降，而无影响或消极影响不利于婴儿死亡率下降，二者关系变化最终需要通过判断有无积极影响来确定。

### 2.2.6. 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 1.0.5 软件上进行。 $P < 0.05$  差异有统计学意义。缺失严重、无规律可循的自变量不纳入阶段分析。婴儿死亡率、人均 GDP 的动态变化仅测算平均增长量、平均增长速度，以其时间序列建立动态数列： $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ ，平均增长量 =  $(a_n - a_1)/(n-1)$ ，平均增长速度 =  $\sqrt[n-1]{a_n/a_1} - 1$ 。相关分析若无统计学意义则判断为无相关关系，若有统计学意义再按|r|大小判断相关性程度， $|r| \geq 0.95$  存在显著性相关； $0.95 > |r| \geq 0.8$  高度相关； $0.8 > |r| \geq 0.5$  中度相关； $0.5 > |r| \geq 0.3$  低度相关； $|r| < 0.3$  关系极弱，认为不相关。 $r$  为负值则呈负相关， $r$  为正值则呈正相关。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。

## 3. 结果

### 3.1. 20 个低收入国家婴儿死亡率、人均 GDP 的动态变化

中非共和国 1961~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-1.39\%$ ，平均增长速度为  $-1.16\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 6.93 (current US\$)，平均增长速度为 3.16%。

乍得 1972~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-1.26\%$ ，平均增长速度为  $-1.29\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 12.45 (current US\$)，平均增长速度为 3.44%。

乌干达 1961~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-1.66\%$ ，平均增长速度为  $-2.28\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 12.41 (current US\$)，平均增长速度为 4.48%。

苏丹 1961~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-1.10\%$ ，平均增长速度为  $-1.59\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 8.61 (current US\$)，平均增长速度为 2.75%。

塞拉利昂 1961~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-2.37\%$ ，平均增长速度为  $-1.67\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 6.72 (current US\$)，平均增长速度为 2.38%。

尼日尔 1967~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-1.56\%$ ，平均增长速度为  $-1.90\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 8.08 (current US\$)，平均增长速度为 2.52%。

莫桑比克 1991~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-3.81\%$ ，平均增长速度为  $-3.77\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 8.54 (current US\$)，平均增长速度为 2.30%。

马里 1967~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-2.55\%$ ，平均增长速度为  $-2.19\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 16.60 (current US\$)，平均增长速度为 5.89%。

马拉维 1965~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-3.39\%$ ，平均增长速度为  $-3.50\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 6.15 (current US\$)，平均增长速度为 3.70%。

马达加斯加 1968~2018 年婴儿死亡率平均增长量为  $-1.05\%$ ，平均增长速度为  $-1.73\%$ ，人均 GDP 平均增长量为 7.24 (current US\$)，平均增长速度为 2.35%。

卢旺达 1961~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-1.77‰，平均增长速度为-2.68%，人均 GDP 平均增长量为 13.03 (current US\$)，平均增长速度为 5.33%。

利比里亚 2000~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-3.53‰，平均增长速度为-3.79%，人均 GDP 平均增长量为 20.58 (current US\$)，平均增长速度为 4.50%。

几内亚比绍共和国 1985~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-2.70‰，平均增长速度为-2.91%，人均 GDP 平均增长量为 18.59 (current US\$)，平均增长速度为 4.81%。

几内亚 1986~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-2.59‰，平均增长速度为-2.54%，人均 GDP 平均增长量为 16.78 (current US\$)，平均增长速度为 3.00%。

刚果(金) 1969~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-1.68‰，平均增长速度为-1.61%，人均 GDP 平均增长量为 6.09 (current US\$)，平均增长速度为 1.58%。

刚比亚 1970~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-1.92‰，平均增长速度为-2.58%，人均 GDP 平均增长量为 12.92 (current US\$)，平均增长速度为 3.98%。

多哥 1961~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-1.92‰，平均增长速度为-2.09%，人均 GDP 平均增长量为 10.54 (current US\$)，平均增长速度为 3.85%。

布隆迪 1964~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-1.86‰，平均增长速度为-2.26%，人均 GDP 平均增长量为 3.44 (current US\$)，平均增长速度为 2.15%。

布基纳法索 1961~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-1.73‰，平均增长速度为-1.78%，人均 GDP 平均增长量为 13.01 (current US\$)，平均增长速度为 4.36%。

埃塞俄比亚 1981~2018 年婴儿死亡率平均增长量为-2.74‰，平均增长速度为-3.46%，人均 GDP 平均增长量为 15.35 (current US\$)，平均增长速度为 3.67%。

20 个低收入国家不同阶段的婴儿死亡率及人均 GDP 的平均发展水平见表 2。

**Table 2.** Average development levels of infant mortality rate and per capita GDP in 20 low-income countries at different stages

**表 2.** 20 个低收入国家不同阶段婴儿死亡率及人均 GDP 的平均发展水平

国家	时期	婴儿死亡率(‰)				人均 GDP (current US\$)			
		起点值	终点值	平均增长量	平均增长速度(%)	起点值	终点值	平均增长量	平均增长速度(%)
中非共和国	1961~1972	162.6	132.6	-2.73	-1.84	80.69	128.31	3.87	3.93
	1972~1983	132.6	116.6	-1.45	-1.16	128.31	273.50	13.65	7.51
	1983~1994	116.6	113.8	-0.25	-0.22	273.50	271.51	-0.18	-0.07
	1994~2005	113.8	107.0	-0.62	-0.56	271.51	331.16	5.42	1.82
	2005~2018	107.0	83.4	-1.82	-1.90	331.16	475.95	6.51	1.49
乍得	1972~1983	128.6	120.3	-0.75	-0.60	153.44	172.26	1.71	1.06
	1983~1995	120.3	106.2	-1.18	-1.03	172.26	206.26	2.83	1.51
	1995~2007	106.2	89.7	-1.38	-1.40	206.26	799.60	49.45	11.95
	2007~2018	89.7	70.8	-1.72	-2.13	799.60	726.15	-6.68	-0.87

**Continued**

乌干达	1961~1970	129.2	114.2	-1.67	-1.36	63.22	133.97	7.36	8.70
	1970~1980	114.2	129.1	1.49	1.23	133.97	100.03	-3.39	-2.86
	1980~1990	129.1	106.8	-2.23	-1.88	100.03	248.03	14.80	9.51
	1990~2000	106.8	87.4	-1.94	-1.98	248.03	261.87	1.38	0.54
	2000~2010	87.4	49.9	-3.75	-5.45	261.87	819.01	55.71	12.08
	2010~2018	49.9	34.6	-1.91	-4.47	819.01	770.45	-6.07	-0.76
苏丹	1961~1975	104.6	92.9	-0.84	-0.84	133.08	348.01	15.35	7.11
	1975~1990	92.9	81.6	-0.75	-0.86	348.01	483.95	9.06	2.22
	1990~2005	81.6	57.5	-1.61	-2.31	483.95	689.21	13.68	2.39
	2005~2018	57.5	42.0	-1.19	-2.22	689.21	623.87	-5.03	-0.71
塞拉利昂	1961~1973	218.3	182.1	-3.02	-1.50	139.36	197.45	4.84	2.95
	1973~1984	182.1	160.6	-1.95	-1.14	197.45	293.32	8.72	3.66
	1984~1995	160.6	149.7	-0.99	-0.64	293.32	202.32	-8.27	-3.32
	1995~2007	149.7	118.2	-2.63	-1.95	202.32	360.37	13.17	4.93
	2007~2018	118.2	83.4	-3.16	-3.12	360.37	533.99	15.78	3.64
尼日尔	1967~1981	127.3	129.3	0.14	0.11	160.59	352.21	13.69	5.77
	1981~2000	129.3	97.0	-1.70	-1.50	352.21	197.34	-8.15	-3.00
	2000~2018	97.0	47.9	-2.73	-3.84	197.34	572.43	20.83	6.09
莫桑比克	1991~2000	159.4	112.0	-5.27	-3.85	272.61	319.36	5.19	1.77
	2000~2009	112.0	76.0	-4.33	-4.64	319.36	520.40	22.34	5.58
	2009~2018	76.0	56.4	-1.84	-2.83	520.40	503.32	-1.89	-0.37
马里	1967~1980	191.6	150.1	-3.19	-1.86	48.28	248.19	15.38	13.42
	1980~1990	150.1	119.8	-3.03	-2.23	248.19	317.39	6.92	2.49
	1990~2000	119.8	101.5	-1.83	-1.64	317.39	269.87	-4.75	-1.61
	2000~2010	101.5	76.7	-2.48	-2.76	269.87	710.27	44.04	10.16
	2010~2018	76.7	61.8	-1.86	-2.66	710.27	894.80	23.07	2.93
马拉维	1965~1980	211.6	151.3	-4.02	-2.21	55.50	198.01	9.50	8.85
	1980~1990	151.3	141.0	-1.03	-0.70	198.01	199.99	0.20	0.10
	1990~2000	141.0	99.8	-4.12	-3.40	199.99	156.39	-4.36	-2.43
	2000~2010	99.8	53.2	-4.66	-6.10	156.39	478.67	32.23	11.84
	2010~2018	53.2	32.1	-2.64	-6.12	478.67	381.26	-12.18	-2.80

**Continued**

马达加斯加	1968~2018	89.9	37.5	-1.05	-1.73	165.48	527.50	7.24	2.35
卢旺达	1961~1970	128.1	130.8	0.30	0.23	40.69	58.53	1.98	4.12
	1970~1980	130.8	129.2	-0.16	-0.12	58.53	243.49	18.50	15.32
	1980~1990	129.2	91.9	-3.73	-3.35	243.49	349.87	10.64	3.69
	1990~2000	91.9	106.2	1.43	1.46	349.87	260.78	-8.91	-2.90
	2000~2010	106.2	43.8	-6.24	-0.08	260.78	610.01	34.92	8.87
	2010~2018	43.8	27.3	-2.06	-5.74	610.01	783.29	21.66	3.17
利比里亚	2000~2009	126.9	74.7	-5.80	-5.72	306.83	470.95	18.23	4.88
	2009~2018	74.7	63.3	-1.27	-1.82	470.95	677.32	22.93	4.12
几内亚比绍共和国	1985~1993	143.1	123.4	-2.46	-1.83	164.94	227.02	7.76	4.07
	1993~2002	123.4	98.7	-2.74	-2.45	227.02	333.06	11.78	4.35
	2002~2010	98.7	71.9	-3.35	-3.88	333.06	558.18	28.14	6.67
	2010~2018	71.9	54.0	-2.24	-3.52	558.18	778.35	27.52	4.24
几内亚	1986~2002	148.1	92.9	-3.45	-2.87271	341.53	343.60	0.13	0.04
	2002~2018	92.9	65.1	-1.74	-2.19798	343.60	878.60	33.44	6.04
刚果(金)	1969~2018	150.3	67.9	-1.68	-1.60855	258.61	557.06	6.09	1.58
	1970~1980	128.9	105.1	-2.38	-2.02055	112.61	378.32	26.57	12.88
	1980~1990	105.1	81.6	-2.35	-2.49907	378.32	331.82	-4.65	-1.30
	1990~2000	81.6	61.3	-2.03	-2.81997	331.82	594.15	26.23	6.00
	2000~2010	61.3	45.5	-1.58	-2.93669	594.15	860.64	26.65	3.77
	2010~2018	45.5	36.8	-1.09	-2.61781	860.64	732.72	-15.99	-1.99
多哥	1961~1970	156.4	131.4	-2.78	-1.91662	79.12	120.05	4.55	4.74
	1970~1980	131.4	106.3	-2.51	-2.0975	120.05	417.67	29.76	13.28
	1980~1990	106.3	89.2	-1.71	-1.73855	417.67	431.45	1.38	0.33
	1990~2000	89.2	74.5	-1.47	-1.7847	431.45	302.21	-12.92	-3.50
	2000~2010	74.5	57.7	-1.68	-2.52305	302.21	534.04	23.18	5.86
	2010~2018	57.7	47.0	-1.34	-2.53128	534.04	679.97	18.24	3.07
布隆迪	1964~1982	141.7	121.4	-1.13	-0.85533	86.16	231.34	8.07	5.64
	1982~2000	121.4	95.1	-1.46	-1.3473	231.34	136.46	-5.27	-2.89
	2000~2018	95.4	41.2	-2.99	-4.54084	136.46	271.75	7.52	3.90

**Continued**

	1961~1970	154.1	144.0	-1.12	-0.75038	71.56	81.50	1.10	1.46
	1970~1980	144.0	114.1	-2.99	-2.30051	81.50	282.69	20.12	13.24
	1980~1990	114.1	98.5	-1.56	-1.45943	282.69	351.98	6.93	2.22
布基纳法索	1990~2000	98.5	91.0	-0.75	-0.78884	351.98	254.72	-9.73	-3.18
	2000~2010	91.0	68.2	-2.28	-2.84295	254.72	647.84	39.31	9.78
	2010~2018	68.2	55.3	-1.61	-2.58685	647.84	813.10	20.66	2.88
埃塞俄比亚	1981~2001	139.3	83.6	-2.79	-2.52062	203.56	120.77	-4.14	-2.58
	1998~2018	83.6	37.9	-2.78	-4.40953	125.08	771.52	32.32	9.52

### 3.2. 不同阶段人均 GDP 与婴儿死亡率的相关分析

20 个低收入国家共 78 个阶段, 婴儿死亡率与人均 GDP 呈不同程度相关关系共 45 个阶段, 占 57.69% (45/78), 其中, 低度负相关 2 个阶段, 占 4.44% (2/45); 中度负相关 12 个阶段, 占 26.67% (12/45); 中度正相关 2 个阶段, 占 4.44% (2/45); 高度负相关 16 个阶段, 占 35.56% (16/45); 显著负相关 13 个阶段, 占 28.89% (13/45)。无相关关系共 33 个阶段, 占 42.31% (33/78)。20 个低收入国家在不同阶段的人均 GDP 与婴儿死亡率的相关分析结果见表 3。

### 3.3. 不同阶段婴儿死亡率影响因素的岭回归分析

20 个低收入国家 78 个阶段婴儿死亡率经济社会影响因素的岭回归模型差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。岭参数  $k$  值均较小, 拟合优度  $R^2$  均接近 1。纳入回归模型的自变量除人均 GDP 外, 乌干达 1970~1980 年的总生育率、塞拉里昂 2007~2018 年的城镇人口增长率、尼日尔 1967~1981 年的谷类产量、马里 2000~2010 年的农业用地面积、卢旺达 1961~1970 年的人均居民最终消费支出及 2010~2018 年的  $\text{CO}_2$  排放量的回归系数  $t$  检验差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ), 其他自变量的回归系数  $t$  检验差异均有统计学头意义( $P < 0.05$ )。78 个阶段婴儿死亡率影响因素岭回归分析结果见表 4, 岭迹图从略。

在婴儿死亡率与人均 GDP 呈不同程度相关关系的 45 个阶段中, 人均 GDP 的回归系数  $t$  检验差异有统计学意义( $P < 0.05$ ) 25 个阶段, 占 55.56% (25/45), 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ) 20 个阶段, 占 44.44% (20/45); 在婴儿死亡率与人均 GDP 无相关关系的 33 个阶段中, 人均 GDP 的回归系数  $t$  检验差异有统计学意义( $P < 0.05$ ) 5 个阶段, 占 15.15% (5/33), 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ) 28 个阶段, 占 84.85% (28/33)。20 个低收入国家不同阶段人均 GDP 是否是婴儿死亡率影响因素及其作用判断见表 3、表 4。

**Table 3.** Correlation analysis and impact judgment of per capita GDP and infant mortality rate in 20 low-income countries  
**表 3.** 20 个低收入国家人均 GDP 与婴儿死亡率的相关分析及影响判断

国家	时期	r	P 值	结果判断	是否是影响因素	对婴儿死亡作用
中非共和国	1961~1972	-0.957	0.000	显著负相关	是	积极
	1972~1983	-0.920	0.000	高度负相关	否	无
	1983~1994	-0.222	0.488	不相关	否	无
	1994~2005	-0.097	0.764	不相关	是	积极
	2005~2018	-0.165	0.572	不相关	否	无

**Continued**

乍得	1972~1983	-0.152	0.637	不相关	否	无
	1983~1995	-0.351	0.239	不相关	否	无
	1995~2007	-0.853	0.000	高度负相关	是	积极
	2007~2018	0.441	0.151	不相关	否	无
乌干达	1961~1970	-0.960	0.000	显著负相关	否	无
	1970~1980	0.155	0.649	不相关	否	无
	1980~1990	-0.828	0.002	高度负相关	否	无
	1990~2000	-0.569	0.068	不相关	否	无
	2000~2010	-0.824	0.002	中度负相关	否	无
	2010~2018	0.463	0.209	不相关	否	无
苏丹	1961~1975	-0.736	0.002	中度负相关	是	积极
	1975~1990	-0.610	0.012	中度负相关	否	无
	1990~2005	-0.508	0.044	中度负相关	否	无
	2005~2018	-0.305	0.289	不相关	否	无
塞拉利昂	1961~1973	-0.581	0.037	中度负相关	否	无
	1973~1984	-0.781	0.003	中度负相关	否	无
	1984~1995	0.325	0.303	不相关	否	无
	1995~2007	-0.846	0.000	高度负相关	是	积极
	2007~2018	-0.590	0.044	中度负相关	否	无
	1967~1981	-0.277	0.317	不相关	否	无
尼日尔	1981~2000	0.482	0.031	低度负相关	是	消极
	2000~2018	-0.968	0.000	显著负相关	是	积极
	1991~2000	-0.796	0.006	中度负相关	是	积极
莫桑比克	2000~2009	-0.928	0.000	高度负相关	是	积极
	2009~2018	0.171	0.637	不相关	否	无
	1967~1980	-0.963	0.000	显著负相关	是	积极
马里	1980~1990	-0.587	0.058	不相关	否	无
	1990~2000	0.309	0.355	不相关	否	无
	2000~2010	-0.989	0.000	显著负相关	是	积极
	2010~2018	-0.548	0.127	不相关	否	无

**Continued**

	1965~1980	-0.991	0.000	显著负相关	是	积极
	1980~1990	-0.488	0.128	不相关	否	无
马拉维	1990~2000	0.282	0.402	不相关	否	无
	2000~2010	-0.898	0.000	高度负相关	是	积极
	2010~2018	0.761	0.017	不相关	否	无
马达加斯加	1968~2018	-0.432	0.002	低度负相关	是	消极
	1961~1970	0.769	0.009	不相关	否	无
	1970~1980	0.134	0.694	不相关	是	消极
卢旺达	1980~1990	-0.837	0.001	高度负相关	否	无
	1990~2000	-0.620	0.042	中度负相关	否	无
	2000~2010	-0.901	0.000	高度负相关	是	积极
	2010~2018	-0.960	0.000	显著负相关	是	积极
利比里亚	2000~2009	-0.695	0.026	中度负相关	否	无
	2009~2018	-0.861	0.001	高度负相关	否	无
	1985~1993	-0.804	0.009	高度负相关	是	积极
几内亚比绍共和国	1993~2002	-0.631	0.050	不相关	否	无
	2002~2010	-0.944	0.000	高度负相关	否	无
	2010~2018	-0.693	0.064	不相关	否	无
几内亚	1986~2002	-0.013	0.960	不相关	否	无
	2002~2018	-0.935	0.000	高度负相关	否	无
刚果(金)	1969~2018	-0.067	0.642	不相关	是	积极
	1970~1980	-0.967	0.000	显著负相关	是	积极
	1980~1990	0.339	0.308	不相关	否	无
冈比亚	1990~2000	-0.282	0.401	不相关	否	无
	2000~2010	-0.812	0.002	高度负相关	是	积极
	2010~2018	0.609	0.082	不相关	是	消极
	1961~1970	-0.925	0.000	高度负相关	是	积极
	1970~1980	-0.981	0.000	显著负相关	是	积极
多哥	1970~1980	-0.263	0.434	不相关	否	无
	1990~2000	0.508	0.111	不相关	否	无
	2000~2010	-0.957	0.000	显著负相关	是	积极
	2010~2018	-0.735	0.024	中度负相关	否	无

**Continued**

	1964~1982	-0.814	0.000	中度负相关	是	积极
布隆迪	1982~2000	0.604	0.006	中度正相关	否	无
	2000~2018	-0.970	0.000	显著负相关	是	积极
	1961~1970	-0.888	0.001	高度负相关	否	无
布基纳法索	1970~1980	-0.980	0.000	显著负相关	否	无
	1980~1990	-0.515	0.105	不相关	否	无
	1990~2000	0.100	0.770	不相关	是	积极
	2000~2010	-0.986	0.000	显著负相关	是	积极
	2010~2018	-0.257	0.504	不相关	否	无
	1981~2001	0.795	0.000	中度正相关	是	消极
	1998~2018	-0.920	0.000	高度负相关	否	无

注：影响因素及其作用是根据表 4 人均 GDP 回归系数 t 检验及标准化回归系数符号确定的。

**Table 4.** Ridge regression analysis of factors influencing infant mortality rates at different stages in 20 low-income countries  
**表 4. 20 个低收入国家不同阶段婴儿死亡率影响因素的岭回归分析**

国家	时期	自变量数	最终纳入模型自变量	k 值	标准化回归系数	t	P 值	R <sup>2</sup>	调整 R <sup>2</sup>	F	P 值
中非共和国	1961~1972 10	人均 GDP			-0.159	-5.265	0.002				
		总生育率			-0.102	-3.105	0.021				
		人口密度	0.151	-0.249	-16.402	0.000	0.995	0.991	242.484	0.000	
		耕地			-0.239	-18.438	0.000				
		农业用地			-0.234	-19.431	0.000				
中非共和国	1972~1983 12	人均 GDP			-0.085	-2.372	0.055				
		总生育率			0.218	6.558	0.001				
		人口密度	0.088	-0.240	-9.471	0.000	0.996	0.992	283.849	0.000	
		耕地			-0.236	-16.407	0.000				
		农业用地面积			-0.235	-12.884	0.000				
1983~1994 12	1983~1994 12	人均 GDP		0.107	0.831	0.433					
		总生育率		0.295	3.290	0.013					
		人口密度	0.149	-0.518	-5.892	0.001		0.867	0.792	11.446	0.003
		谷类产量			-0.330	-2.607	0.035				

**Continued**

1994~2005	14	人均 GDP	-0.054	-2.792	0.027					
		总生育率	0.298	5.924	0.001					
		人口密度	0.014	-0.384	-10.014	0.000	0.997	0.996	670.492	0.000
		通电率		-0.311	-4.744	0.002				
2005~2018	17	人均 GDP	0.000	0.013	0.990					
		总生育率		0.293	12.531	0.000				
		人口密度	0.048	-0.204	-6.794	0.000	0.998	0.997	777.237	0.000
		一氧化氮排放量		-0.222	-7.394	0.000				
1972~1983	14	通电率		-0.292	-10.241	0.000				
		人均 GDP	0.087	2.239	0.089					
		人口密度		-0.320	-22.365	0.000				
		总生育率		-0.279	-14.180	0.000				
1983~1995	14	超百万城市群的人口	0.060	-0.260	-10.347	0.000	0.998	0.993	237.837	0.000
		人口增长		-0.189	-5.258	0.006				
		耕地		-0.100	-3.522	0.024				
		农业用地		-0.111	-4.314	0.013				
乍得	14	人均 GDP	-0.008	-0.313	0.770					
		人口密度		-0.181	-13.417	0.000				
		总生育率		-0.173	-15.259	0.000				
		超百万城市群的人口	0.142	-0.176	-13.411	0.000	0.997	0.992	190.352	0.000
1995~2007	17	人口增长		-0.161	-6.804	0.002				
		一氧化氮排放量		-0.078	-4.052	0.015				
		甲烷排放量		-0.095	-6.326	0.003				
		农业用地		-0.157	-11.173	0.000				
1995~2007	17	人均 GDP	-0.166	-6.784	0.002					
		总生育率		0.218	10.596	0.000				
		人口密度		-0.201	-18.614	0.000				
		城镇人口增长率		-0.051	-3.593	0.023				
1995~2007	17	人口增长	0.115	-0.051	-3.549	0.024	0.997	0.992	196.176	0.000
		中小学女生与男生的入学比例		-0.170	-7.516	0.002				
		一氧化氮排放量		-0.134	-4.256	0.013				
		耕地		-0.108	-3.365	0.028				

**Continued**

2007~2018	21	人均 GDP	-0.054	-1.752	0.140					
		人口密度	-0.220	-20.517	0.000					
		总生育率	0.233	16.067	0.000					
		超百万城市群的人口	0.176	-0.189	-10.444	0.000	0.994	0.988	146.956	0.000
		一氧化氮排放量		-0.178	-13.871	0.000				
1960~1970	12	甲烷排放量		-0.170	-14.129	0.000				
		人均 GDP	-0.061	-1.368	0.265					
		总生育率	-0.260	-9.751	0.002					
		人口密度	0.046	-0.264	-14.405	0.001	0.999	0.996	341.374	0.000
		超百万城市群的人口		-0.272	-9.027	0.003				
1970~1980	15	人口增长		-0.077	-3.620	0.036				
		CO <sub>2</sub> 排放量		-0.170	-8.566	0.003				
		人均 GDP	-0.031	-0.873	0.447					
		总生育率	-0.065	-3.086	0.054					
		人口密度	0.237	10.967	0.002					
乌干达		超百万城市群的人口	0.133	0.153	6.469	0.007	0.996	0.985	95.132	0.002
		人口增长		0.242	7.191	0.006				
		CO <sub>2</sub> 排放量		-0.227	-7.371	0.005				
		农业用地		0.171	7.154	0.006				
		人均 GDP	-0.024	-0.558	0.607					
1980~1990	14	人口密度		-0.288	-8.941	0.001				
		超百万城市群的人口	0.150	-0.250	-10.346	0.000	0.994	0.986	115.890	0.000
		人口增长		-0.149	-4.050	0.015				
		耕地		-0.119	-3.548	0.024				
		农业用地		-0.162	-6.566	0.003				
1990~2000	16	人均 GDP	-0.002	-0.043	0.968					
		总生育率		0.164	6.511	0.007				
		人口密度		-0.180	-11.272	0.001				
		超百万城市群的人口	0.190	-0.172	-9.190	0.003	0.993	0.976	58.256	0.003
		城镇人口增长率		0.186	3.825	0.031				
		农业增加值		0.137	4.625	0.019				
		农业用地		-0.167	-3.967	0.029				

**Continued**

			人均 GDP	0.077	0.997	0.392					
			总生育率	0.131	3.924	0.029					
			人口密度	-0.202	-7.165	0.006					
2000~2010	21	超百万城市群的人口	0.144	-0.209	-7.077	0.006	0.987	0.958	33.630	0.008	
		耕地		-0.166	-4.811	0.017					
		农业用地		-0.169	-5.894	0.010					
		农业用地面积		-0.159	-6.267	0.008					
			人均 GDP	-0.031	-0.710	0.551					
			总生育率	0.204	10.026	0.010					
2010~2018	20	人口密度	0.152	-0.199	-6.825	0.021		0.996	0.983	76.161	0.013
		一氧化氮排放量		-0.170	-6.031	0.026					
		甲烷排放量		-0.197	-11.715	0.007					
		农业增加值		0.234	4.411	0.048					
			人均 GDP	-0.103	-4.777	0.002					
			人均居民最终消费支出	0.077	2.832	0.025					
			总生育率	-0.207	-17.314	0.000					
1961~1975	8	人口增长	0.172	-0.180	-18.984	0.000	0.994	0.988	171.434	0.000	
		超百万城市群的人口		-0.179	-16.220	0.000					
		CO <sub>2</sub> 排放量		-0.164	-6.647	0.000					
		农业增加值		0.161	5.994	0.001					
苏丹			人均 GDP	0.017	0.524	0.610					
			总生育率	0.339	14.977	0.000					
1975~1990	12	超百万城市群的人口	0.193	-0.368	-14.803	0.000		0.987	0.982	210.723	0.000
		能源使用量		0.251	8.099	0.000					
			人均 GDP	-0.013	-0.315	0.759					
			总生育率	0.393	12.960	0.000					
1990~2005	14	CO <sub>2</sub> 排放量	0.116	-0.141	-3.533	0.005	0.988	0.981	159.348	0.000	
		一氧化氮排放量		-0.198	-6.523	0.000					
		甲烷排放量		-0.294	-18.515	0.000					

**Continued**

			人均 GDP	0.000	0.006	0.995					
			通电率	-0.139	-4.114	0.006					
			超百万城市群的人口	-0.207	-12.350	0.000					
2005~2018	17	总生育率	0.104	0.237	12.533	0.000	0.996	0.991	211.417	0.000	
		甲烷排放量		-0.193	-5.901	0.001					
		农业增加值		0.091	2.828	0.030					
		感染 HIV 的成年女性		-0.175	-6.185	0.001					
			人均 GDP	-0.005	-0.247	0.821					
			总生育率	-0.131	-20.369	0.000					
			超百万城市群的人口	-0.126	-11.451	0.001					
			人口密度	-0.126	-19.397	0.000					
1961~1973	11	城镇人口增长率	0.180	-0.083	-3.363	0.044	0.998	0.994	206.942	0.000	
		人口增长		-0.129	-27.447	0.000					
		耕地		-0.130	-27.890	0.000					
		农业用地		-0.130	-19.049	0.000					
		农业用地面积		-0.130	-19.049	0.000					
			人均 GDP	-0.077	-2.442	0.092					
			总生育率	-0.151	-14.364	0.001					
			人口密度	-0.140	-16.811	0.000					
塞拉利昂			超百万城市群的人口	-0.144	-17.354	0.000					
1973~1984	14	城镇人口增长率	0.219	0.121	4.045	0.027	0.997	0.988	118.781	0.001	
		耕地		-0.143	-19.383	0.000					
		农业用地		-0.123	-10.020	0.002					
		农业用地面积		-0.123	-10.020	0.002					
			人均 GDP	0.017	0.681	0.533					
			人均居民最终消费支出	0.179	6.027	0.004					
			人口密度	-0.195	-9.881	0.001					
1984~1995	15	总生育率	0.127	0.227	13.253	0.000	0.997	0.992	205.537	0.000	
		超百万城市群的人口		-0.239	-13.876	0.000					
		CO <sub>2</sub> 排放量		0.145	5.039	0.007					
		耕地		-0.136	-4.450	0.011					

**Continued**

1995~2007	16	人均 GDP	-0.153	-3.947	0.008				
		总生育率	0.308	11.628	0.000				
		人口密度	-0.268	-12.474	0.000				
		城镇人口增长率	0.187	-0.170	-4.026	0.007	0.989	0.977	86.720
		农业增加值		-0.098	-2.684	0.036			0.000
		农业用地		-0.121	-2.886	0.028			
2007~2018	20	人均 GDP	-0.069	-1.523	0.188				
		总生育率	0.234	10.609	0.000				
		人口密度	-0.231	-11.467	0.000				
		超百万城市群的人口	0.187	-0.232	-10.732	0.000	0.988	0.973	67.892
		城镇人口增长率		0.128	2.567	0.050			0.000
		通电率		-0.128	-2.830	0.037			
1967~1981	12	人均 GDP	-0.059	-0.621	0.552				
		人口增长	-0.438	-3.621	0.007				
		城镇人口增长率	0.146	0.257	2.559	0.034	0.902	0.829	12.307
		谷类产量		-0.243	-2.280	0.052			0.001
		耕地		-0.264	-3.628	0.007			
		农业用地		-0.387	-4.947	0.001			
1981~2000	15	人均 GDP	0.254	3.402	0.004				
		人口密	-0.271	-2.267	0.039				
		一氧化氮排放量	0.067	-0.410	-5.150	0.000	0.916	0.894	41.017
		甲烷排放量		-0.174	-2.837	0.012			0.000
尼日尔		人均 GDP	-0.102	-5.055	0.001				
		人均当前卫生支出	-0.118	-4.765	0.001				
		人口密度	-0.082	-7.464	0.000				
		超百万城市群人口	0.081	6.792	0.000				
		人口增长	-0.167	-7.336	0.000				
	21	小学总毕业率	0.129	-0.085	-5.084	0.001	0.996	0.992	225.292
		中小学女生与男生的入学比例		-0.094	-5.927	0.000			0.000
		通电率		-0.094	-4.280	0.003			
		一氧化氮排放量		-0.076	-6.123	0.000			
		农业用地		-0.130	-5.627	0.000			

## Continued

			人均 GDP	-0.150	-3.613	0.036					
			总生育率	0.193	11.745	0.001					
			人口密度	-0.222	-15.425	0.001					
	1991~2000	18	能源使用量	0.156	0.995	0.984	93.904	0.002			
			耗电量	0.159	5.689	0.011					
			耕地	-0.233	-6.305	0.008					
			人均 GDP	-0.171	-4.898	0.016					
			人均居民最终消费支出	-0.126	-3.850	0.031					
莫桑比克			总生育率	0.180	-4.984	0.016					
	2000~2009	25	人口密度	0.169	7.078	0.006					
			耗电量	0.156	-0.182	-14.489	0.001	0.997	0.990	155.874	0.001
			中小学女生与男生的入学比例	-0.183	-5.336	0.013					
			中小学女生与男生的入学比例	-0.179	-14.237	0.001					
			人均 GDP	-0.099	-2.653	0.057					
			总生育率	0.076	0.265	13.510	0.000				
	2009~2018	23	高等院校入学率	-0.202	-0.202	-3.654	0.022	0.994	0.986	132.405	0.000
			人口密度	-0.263	-0.263	-10.072	0.001				
			农业用地	-0.273	-0.273	-13.421	0.000				
			人均 GDP	-0.273	-0.273	-7.468	0.000				
			人口密度	-0.211	-0.211	-16.894	0.000				
	1967~1980	13	城镇人口增长率	0.088	-0.188	-0.165	-8.072	0.000	0.998	0.995	350.899
			人口增长	-0.088	-0.092	-4.080	0.007				0.000
			超百万城市群的人口	-0.156	-0.156	-9.272	0.000				
			耕地	-0.106	-0.106	-6.265	0.001				
马里			人均 GDP	0.073	0.073	1.400	0.234				
			人均居民最终消费支出	0.179	0.179	3.483	0.025				
			人口密度	-0.282	-0.282	-8.714	0.001				
	1980~1990	17	超百万城市群的人口	0.207	-0.237	-10.115	0.001	0.988	0.969	52.972	0.001
			中小学女生与男生的入学比例	-0.151	-0.151	-3.098	0.036				
			农业用地	-0.166	-0.166	-3.647	0.022				

**Continued**

			人均 GDP	0.029	1.002	0.390					
			总生育率	0.131	4.280	0.023					
			人口密度	-0.180	-15.793	0.001					
1990~2000	18	超百万城市群的人口	0.081	-0.211	-8.758	0.003	0.998	0.992	179.006	0.001	
			一氧化氮排放量	-0.122	-4.635	0.019					
			甲烷排放量	-0.130	-5.758	0.010					
			感染 HIV 的成年女性	-0.223	-6.261	0.008					
			人均 GDP	-0.161	-8.426	0.001					
			人均卫生支出	-0.169	-4.440	0.011					
2000~2010	21	人口密度	0.161	-0.190	-8.358	0.001	0.993	0.983	94.920	0.000	
		小学总毕业率		-0.184	-6.923	0.002					
			通电率	-0.163	-4.564	0.010					
			农业用地	-0.126	-2.635	0.058					
			人均 GDP	-0.101	-3.220	0.084					
			总生育率	0.187	15.175	0.004					
2010~2018	24	人口密度	0.120	-0.187	-13.514	0.005	0.998	0.991	147.946	0.007	
		超百万城市群的人口		-0.194	-19.426	0.003					
			小学总毕业率	0.206	5.443	0.032					
			感染 HIV 的成年女性	-0.162	-5.428	0.032					
			人均 GDP	-0.342	-11.553	0.000					
			总生育率	-0.106	-3.876	0.003					
1965~1980	12	人口密度	0.106	-0.211	-14.221	0.000	0.994	0.991	319.489	0.000	
			人口增长	-0.094	-2.782	0.019					
			超百万城市群的人口	-0.235	-24.881	0.000					
马拉维			人均 GDP	-0.157	-1.313	0.259					
			人口密度	-0.290	-3.248	0.031					
			城镇人口增长率	0.562	5.962	0.004					
	1980~1990	17	人口增长	0.105	0.631	7.088	0.002	0.948	0.871	12.238	0.015
			中小学女生与男生的入学比例		-0.431	-4.565	0.010				
			CO <sub>2</sub> 排放量		0.539	3.814	0.019				

**Continued**

			人均 GDP	0.044	1.115	0.327					
			总生育率	0.238	13.415	0.000					
			人口密度	-0.274	-5.832	0.004					
1990~2000	15		超百万城市群的人口	0.085	-0.254	-5.471	0.005	0.993	0.983	96.941	0.000
			甲烷排放量	0.153	3.785	0.019					
			耕地	-0.138	-2.982	0.041					
			人均 GDP	-0.182	-4.824	0.005					
			卫生支出占比	-0.162	-4.109	0.009					
2000~2010	20		超百万城市群的人口	0.138	-0.212	-8.274	0.000	0.994	0.988	171.451	0.000
			中小学女生与男生的入学比例		-0.194	-5.398	0.003				
			甲烷排放量		-0.274	-6.960	0.001				
			人均 GDP	0.095	1.829	0.209					
			人口密度	-0.165	-7.760	0.016					
2010~2018	21		总生育率	0.188	12.769	0.006					
			城镇人口增长率	0.216	-0.192	-6.276	0.024	0.994	0.976	55.650	0.018
			超百万城市群的人口		-0.159	-6.277	0.024				
			甲烷排放量		-0.188	-9.577	0.011				
			人均 GDP	0.051	2.045	0.047					
			总生育率	0.195	17.730	0.000					
			人口密度	-0.238	-26.821	0.000					
			超百万城市群的人口		-0.090	-5.439	0.000				
马达加斯加	1968~2018	13	城镇人口增长率	0.171	0.080	3.140	0.003	0.975	0.970	178.467	0.000
			人口增长		0.094	4.373	0.000				
			高等院校入学率		0.208	8.798	0.000				
			谷类产量		-0.261	-13.325	0.000				
			农业用地		-0.288	-12.428	0.000				
			人均 GDP	0.306	2.070	0.093					
卢旺达	1961~1970	12	人均居民最终消费支出	0.194	1.375	0.228					
			总生育率	0.133	0.483	3.293	0.022	0.906	0.832	12.106	0.009
			CO <sub>2</sub> 排放量		0.360	2.694	0.043				

**Continued**

			人均 GDP	0.447	3.085	0.018					
1970~1980	17	人均居民最终消费支出	0.144	-0.526	-3.161	0.016	0.829	0.756	11.325	0.004	
		城镇人口增长率		0.399	2.416	0.046					
1980~1990	17	人均 GDP	0.017	0.437	1.182	0.271		0.854	0.817	23.347	0.000
		人口密度		-1.311	-3.545	0.008					
		人均 GDP		0.019	0.164	0.876					
		总生育率		-0.193	-3.559	0.016					
1990~2000	16	耕地	0.152	-0.351	-3.990	0.010	0.944	0.887	16.776	0.004	
		农业用地		-0.316	-4.728	0.005					
		感染 HIV 的成年女性		0.239	4.384	0.007					
		人均 GDP		-0.145	-5.275	0.006					
		总生育率		0.158	9.668	0.001					
		超百万城市群的人口		-0.184	-5.301	0.006					
2000~2010	21	中小学女生与男生的入学比例	0.094	-0.155	-4.313	0.013		0.997	0.991	192.644	0.000
		一氧化氮排放量		-0.180	-11.579	0.000					
		感染 HIV 的成年女性		-0.199	-11.421	0.000					
		人均 GDP		-0.231	-4.076	0.027					
		总生育率		0.260	8.125	0.004					
2010~2018	23	超百万城市群的人口	0.095	-0.187	-4.298	0.023	0.995	0.986	112.333	0.001	
		感染 HIV 的成年女性		-0.145	-3.497	0.040					
		CO <sub>2</sub> 排放量		-0.173	-3.193	0.050					
		人均 GDP		0.105	1.414	0.230					
2000~2009	18	总生育率	0.180	0.280	10.684	0.000		0.979	0.954	38.007	0.002
		人口密度		-0.163	-5.092	0.007					
		农业用地		-0.289	-10.513	0.000					
利比里亚		人均 GDP		-0.033	-0.850	0.458					
		人口密度		-0.233	-12.271	0.001					
		总生育率	0.084	0.218	11.279	0.001		0.996	0.989	134.670	0.001
		城镇人口增长率		0.143	5.560	0.011					
		人口增长		0.150	6.668	0.007					
		农业用地		-0.228	-10.871	0.002					

**Continued**

			人均 GDP	-0.179	-2.995	0.030					
1985~1993	13		总生育率	0.171	0.351	7.407	0.001	0.982	0.971	91.600	0.000
			人口密度		-0.440	-10.889	0.000				
			人均 GDP		-0.047	-1.110	0.329				
			总生育率		0.290	13.429	0.000				
1993~2002	14		人口密度	0.142	-0.297	-11.740	0.000	0.993	0.985	118.453	0.000
			CO <sub>2</sub> 排放量		0.167	3.671	0.021				
			谷类产量		0.212	5.174	0.007				
			人均 GDP		-0.094	-1.971	0.187				
几内亚比绍共和国			总生育率		0.180	8.771	0.013				
			人口密度		-0.203	-7.978	0.015				
	2002~2010	17	城镇人口增长率	0.082	-0.160	-6.941	0.020	0.998	0.993	186.951	0.005
			人口增长		-0.162	-8.326	0.014				
			农业用地		-0.193	-12.782	0.006				
			人均 GDP		0.039	0.590	0.597				
			总生育率		0.233	8.880	0.003				
2010~2018	20		人口密度	0.210	-0.244	-9.975	0.002	0.986	0.962	41.044	0.006
			通电率		-0.241	-6.131	0.009				
			农业用地		-0.254	-10.736	0.002				
			人均 GDP		-0.014	-0.953	0.361				
			总生育率		0.262	14.065	0.000				
1986~2002	15		人口密度	0.033	-0.364	-15.185	0.000	0.998	0.997	1211.841	0.000
			超百万城市群的人口		-0.247	-10.899	0.000				
			城镇人口增长率		0.135	4.473	0.001				
			人均 GDP		-0.109	-2.496	0.037				
几内亚			总生育率		0.152	5.815	0.000				
			人口密度		-0.142	-4.827	0.001				
			超百万城市群的人口		-0.188	-5.985	0.000				
	2002~2018	18	城镇人口增长率	0.100	-0.074	-3.167	0.013	0.993	0.986	139.016	0.000
			人口增长		-0.076	-3.196	0.013				
			耕地		-0.142	-6.270	0.000				
			农业用地		-0.158	-7.517	0.000				

**Continued**

			人均 GDP	-0.064	-3.044	0.004					
			人口密度	-0.324	-21.172	0.000					
			超百万城市群的人口	-0.321	-21.270	0.000					
			城镇人口增长率	-0.051	-2.328	0.025					
刚果(金)	1969~2018	13	CO <sub>2</sub> 排放量	0.211	0.126	6.602	0.000	0.979	0.974	203.843	0.000
			一氧化氮排放量		0.062	2.862	0.007				
			谷类产量		-0.044	-2.296	0.027				
			耕地		-0.078	-6.041	0.000				
			农业用地		-0.068	-5.139	0.000				
			人均 GDP	-0.270	-6.059	0.001					
			总生育率	-0.223	-7.907	0.000					
1970~1980	14		人口密度	0.088	-0.333	-10.202	0.000	0.991	0.986	173.647	0.000
			人口增长		-0.168	-4.230	0.005				
			人均 GDP	0.048	1.557	0.170					
			总生育率	0.418	17.961	0.000					
1980~1990	13		人口密度	0.111	-0.428	-16.031	0.000	0.993	0.989	228.469	0.000
			人口增长		-0.109	-2.600	0.041				
			人均 GDP	-0.028	-1.406	0.219					
			总生育率		0.268	22.278	0.000				
冈比亚	1990~2000	14	人口密度	0.088	-0.272	-31.563	0.000	0.998	0.997	600.096	0.000
			城镇人口增长率		0.224	8.977	0.000				
			甲烷排放量		0.247	13.155	0.000				
			人均 GDP	-0.122	-2.656	0.045					
			人均当前卫生支出		0.170	5.486	0.003				
2000~2010	18		总生育率	0.051	0.343	14.621	0.000	0.997	0.994	316.051	0.000
			人口密度		-0.328	-10.789	0.000				
			人口增长		0.164	3.577	0.016				
			人均 GDP		0.159	4.504	0.020				
2010~2018	19		人口密度	0.148	-0.242	-17.297	0.000	0.996	0.988	137.709	0.001
			城镇人口增长率		0.197	8.010	0.004				

## Continued

			人均 GDP	-0.146	-4.337	0.012					
			总生育率	-0.243	-17.852	0.000					
1961~1970	13	人口密度	0.112	-0.266	-8.046	0.001	0.997	0.993	256.871	0.000	
		超百万城市群的人口		-0.215	-9.179	0.001					
		农业增加值		0.133	3.678	0.021					
			人均 GDP	-0.175	-9.395	0.001					
			总生育率	-0.121	-4.680	0.009					
			人口密度	-0.187	-19.326	0.000					
1970~1980	19	超百万城市群的人口	0.222	-0.184	-22.055	0.000	0.997	0.992	214.430	0.000	
		中小学女生与男生的入学比例		-0.182	-16.187	0.000					
		高等院校入学率		-0.153	-7.439	0.002					
			人均 GDP	0.061	2.009	0.101					
			总生育率	0.267	14.511	0.000					
1980~1990	19	人口密度	0.079	-0.302	-18.275	0.000	0.996	0.992	241.872	0.000	
多哥		超百万城市群的人口		-0.294	-16.314	0.000					
		小学总毕业率		0.152	3.594	0.016					
			人均 GDP	-0.004	-0.099	0.927					
			总生育率	0.171	4.444	0.021					
			人口密度	-0.210	-8.273	0.004					
1990~2000	18	超百万城市群的人口	0.157	-0.188	-6.896	0.006	0.993	0.978	63.575	0.003	
		耕地		-0.134	-5.331	0.013					
		农业用地		-0.141	-6.185	0.009					
		农业用地面积		-0.141	-6.185	0.009					
			人均 GDP	-0.116	-3.909	0.017					
			人均当前卫生支出	-0.180	-8.350	0.001					
			总生育率	0.203	13.668	0.000					
2000~2010	22	人口密度	0.185	-0.203	-14.438	0.000	0.995	0.989	146.473	0.000	
		超百万城市群的人口		-0.139	-4.237	0.013					
		通电率		-0.168	-6.710	0.003					

**Continued**

			人均 GDP	-0.086	-2.262	0.152					
			总生育率	0.188	17.808	0.003					
			人口密度	-0.188	-15.247	0.004					
	2010~2018	20	人口增长	0.208	0.183	6.780	0.021	0.997	0.987	101.367	0.010
			超百万城市群的人口		0.187	11.598	0.007				
			小学总毕业率		-0.162	-5.191	0.035				
			人均 GDP	-0.504	-3.659	0.003					
			总生育率	0.579	4.550	0.001					
	1964~1982	10	人口密度	0.087	-0.301	-3.137	0.008	0.880	0.834	19.146	0.000
			人口增长		-0.281	-2.986	0.011				
			CO <sub>2</sub> 排放量		-0.384	-2.850	0.014				
			人均 GDP	0.085	0.369	0.718					
	1982~2000	13	人口密度	0.060	-1.158	-5.046	0.000	0.722	0.666	12.964	0.000
			城镇人口增长率		-0.607	-2.645	0.018				
布隆迪			人均 GDP	-0.156	-8.789	0.000					
			人均当前卫生支出	-0.145	-6.010	0.000					
			总生育率	0.126	15.020	0.000					
			人口密度	-0.124	-14.397	0.000					
	2000~2018	20	城镇人口增长率	0.163	-0.059	-4.916	0.001	0.996	0.991	195.555	0.000
			人口增长		-0.066	-5.619	0.000				
			小学总毕业率		-0.120	-4.759	0.001				
			高等院校入学率		-0.095	-3.909	0.004				
			一氧化氮排放量		-0.099	-5.496	0.001				
			通电率		-0.085	-4.318	0.003				
布基纳法索			人均 GDP	-0.187	-2.687	0.115					
			总生育率	-0.143	-7.104	0.019					
			超百万城市群的人口		-0.129	-7.157	0.019				
	1961~1970	9	人口密度	0.189	-0.124	-7.228	0.019	0.991	0.961	32.868	0.030
			耕地		-0.128	-6.381	0.024				
			农业用地		-0.142	-9.775	0.010				
			农业用地面积		-0.142	-9.775	0.010				

**Continued**

1970~1980	18	人均 GDP	-0.154	-2.161	0.097					
		总生育率	-0.237	-5.320	0.006					
		超百万城市群的人口	0.043	-0.188	-4.165	0.014				
		人口密度		-0.150	-4.169	0.014	0.994	0.986	117.362	0.000
		农业用地		-0.134	-2.884	0.045				
1980~1990	17	农业用地面积		-0.134	-2.884	0.045				
		人均 GDP	0.013	0.462	0.675					
		城镇人口增长率	0.174	4.385	0.022					
		人口密度	-0.170	-6.581	0.007					
		人口增长	0.059	-0.188	-5.717	0.011	0.998	0.994	254.073	0.000
1990~2000	17	超百万城市群的人口		-0.223	-7.392	0.005				
		甲烷排放量		-0.120	-3.553	0.038				
		高等院校入学率		-0.165	-5.819	0.010				
		人均 GDP	-0.083	-3.587	0.023					
		总生育率	0.180	17.111	0.000					
2000~2010	22	人口增长	0.060	-0.141	-7.433	0.002				
		超百万城市群的人口		-0.261	-8.363	0.001	0.998	0.996	379.685	0.000
		人口密度		-0.151	-9.315	0.001				
		CO <sub>2</sub> 排放量		-0.289	-8.111	0.001				
		人均 GDP	-0.108	-4.174	0.025					
2010~2018	23	人均当前卫生支出		-0.140	-5.709	0.011				
		总生育率		0.160	15.149	0.001				
		人口增长	0.089	-0.120	-5.463	0.012	0.999	0.995	294.256	0.000
		超百万城市群的人口		-0.127	-6.545	0.007				
		人口密度		-0.159	-15.589	0.001				
		小学总毕业率		-0.186	-6.787	0.007				
		人均 GDP		0.024	0.545	0.624				
		总生育率		0.298	9.902	0.002				
		人口密度	0.059	-0.249	-14.771	0.001	0.994	0.983	93.795	0.002
		超百万城市群的人口		-0.238	-12.674	0.001				
		高等院校入学率		-0.206	-5.512	0.012				

**Continued**

		人均 GDP	0.069	2.958	0.013					
		总生育率	0.182	8.214	0.000					
		人口密度	-0.181	-20.398	0.000					
		CO <sub>2</sub> 排放量	-0.062	-3.136	0.009					
1981~2001	16	一氧化氮排放量	0.125	-0.114	-5.013	0.000	0.995	0.990	227.578	0.000
埃塞俄比亚		甲烷排放量		-0.165	-13.481	0.000				
		耕地		0.189	8.669	0.000				
		农业用地面积		0.086	5.574	0.000				
		农业用地		0.087	5.657	0.000				
		人均 GDP		-0.022	-0.748	0.469				
		总生育率		0.196	11.500	0.000				
		人口增长		0.093	2.559	0.025				
1998~2018	15	一氧化氮排放量	0.204	-0.121	-8.241	0.000				
		甲烷排放量		-0.124	-9.824	0.000	0.984	0.973	91.488	0.000
		谷类产量		-0.086	-3.227	0.007				
		耕地		-0.166	-7.564	0.000				
		农业用地面积		-0.182	-7.391	0.000				

### 3.4 婴儿死亡率的影响因素分析

在 20 个低收入国家的 78 个阶段中，纳入岭回归模型自变量的标准化回归系数 t 检验差异有统计学意义的经济社会因素指标共 24 个，累积频数为 412 例次。见表 5。其中，人口相关因素包括人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、人口增长、城镇人口增长率等 5 个指标，219 例次，占 53.16% (219/412)；农业相关因素包括农业用地、耕地、农业用地面积、农业增加值、谷类产量等 5 个指标，68 例次，占 16.50% (68/412)；环境与能源相关因素包括 CO<sub>2</sub> 排放量、一氧化氮排放量、甲烷排放量、通电率、耗电量、能源使用量等 6 个指标，54 例次，占 13.11% (58/412)；经济相关因素包括人均 GDP、人均居民最终消费支出、人均当前卫生支出、卫生支出占比等 4 个指标，44 例次，占 10.68% (44/412)；教育相关因素包括小学生毕业率、中小学女生与男生的入学比例、高等院校入学率等 3 个指标，21 例次，占 5.10% (21/412)；卫生相关因素仅感染 HIV 的成年女性 1 个指标，6 例次，占 1.46% (6/412)。前十位影响因素依次为人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、人均 GDP、农业用地、人口增长、城镇人口增长率、耕地、一氧化氮排放量、甲烷排放量，共 327 例次，占 79.37% (327/412)。

在 20 个低收入国家的 78 个阶段中，各国前 5 位影响因素累计频次 352 例次，占总频次数的 85.44% (352/412)，见表 6。其中，在 78 个阶段婴儿死亡率的第一影响因素中，前 5 位依次是人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、农业用地、人均 GDP；在第二影响因素中，前 5 位依次是总生育率、超百万城市群的人口、人口密度、农业用地、人均 GDP；在第三影响因素中，前 5 位依次是总生育率、人口密

度、超百万城市群的人口、CO<sub>2</sub>排放量、甲烷排放量，人均 GDP 位居第 17 位；在第四影响因素中，前 5 位依次是人口密度、人均 GDP、人口增长、总生育率、农业用地；在第五影响因素中，前 5 位依次是农业用地、一氧化氮排放量、耕地、人均 GDP、人口增长。20 个低收入国家 78 个阶段的婴儿死亡率第 1 至第 5 位影响因素的各个指标的构成比见表 6。

**Table 5.** Composition ratio of influencing factors on infant mortality rate at 78 stages in 20 low-income countries

**表 5.** 20 个低收入国家 78 个阶段婴儿死亡率影响因素的构成比

序号	影响因素	频数	构成比(%)
1	人口密度	66	16.02
2	总生育率	63	15.29
3	超百万城市群的人口	42	10.19
4	人均 GDP	32	7.77
5	农业用地	28	6.80
6	人口增长	27	6.55
7	城镇人口增长率	21	5.10
8	耕地	20	4.85
9	一氧化氮排放量	14	3.40
10	甲烷排放量	14	3.40
11	CO <sub>2</sub> 排放量	12	2.91
12	通电率	10	2.43
13	农业用地面积	9	2.18
14	中小学女生与男生的入学比例	8	1.94
15	小学总毕业率	7	1.70
16	高等院校入学率	6	1.46
17	感染 HIV 的成年女性	6	1.46
18	农业增加值	6	1.46
19	人均当前卫生支出	6	1.46
20	谷类产量	5	1.21
21	人均居民最终消费支出	5	1.21
22	耗电量	2	0.49
23	能源使用量	2	0.49
24	卫生支出占比	1	0.24
合计		412	100.00

**Table 6.** Composition ratios of the top 5 influencing factors for infant mortality rate at 78 stages in 20 low-income countries (%)  
**表 6. 20 个低收入国家 78 个阶段婴儿死亡率前 5 位影响因素的各个指标构成比(%)**

影响因素	第 1 影响因素		第 2 影响因素		第 3 影响因素		第 4 影响因素		第 5 影响因素	
	频数	构成比	频数	构成比	频数	构成比	频数	构成比	频数	构成比
人口密度	27	34.62	15	19.23	10	13.33	10	14.49	0	0.00
总生育率	18	23.08	18	23.08	15	20.00	5	7.25	4	7.69
人口增长	4	5.13	1	1.28	3	4.00	6	8.70	5	9.62
城镇人口增长率	2	2.56	3	3.85	3	4.00	4	5.80	2	3.85
超百万城市群的人口	6	7.69	17	21.79	10	13.33	2	2.90	4	7.69
人均 GDP	4	5.13	4	5.13	1	1.33	9	13.04	3	5.77
人均当前卫生支出	0	0.00	1	1.28	3	4.00	2	2.90	0	0.00
卫生支出占比	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	1.92
人均居民最终消费支出	1	1.28	0	0.00	2	2.67	1	1.45	0	0.00
能源使用量	0	0.00	0	0.00	1	1.33	0	0.00	1	1.92
通电率	0	0.00	2	2.56	2	2.67	3	4.35	1	1.92
耗电量	2	2.56	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
CO <sub>2</sub> 排放量	1	1.28	1	1.28	4	5.33	5	7.25	1	1.92
一氧化氮排放量	1	1.28	0	0.00	3	4.00	1	1.45	5	9.62
甲烷排放量	1	1.28	1	1.28	4	5.33	5	7.25	1	1.92
高等院校入学率	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	4.35	2	3.85
小学总毕业率	2	2.56	1	1.28	3	4.00	2	2.90	2	3.85
中小学女生与男生的入学比例	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	2.90	3	5.77
耕地	2	2.56	3	3.85	3	4.00	2	2.90	4	7.69
谷类产量	0	0.00	2	2.56	1	1.33	0	0.00	0	0.00
农业用地	4	5.13	7	8.97	4	5.33	5	7.25	6	11.54
农业用地面积	0	0.00	2	2.56	2	2.67	1	1.45	3	5.77
农业增加值	1	1.28	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	3.85
感染 HIV 的成年女性	2	2.56	0	0.00	1	1.33	1	1.45	2	3.85
合计	78	100	78	100.00	75	100.00	69	100.00	52	100.00

## 4. 讨论

### 4.1. 低收入国家婴儿死亡率总体上呈下降趋势，但发展态势不容乐观

20 个低收入国家婴儿死亡率的起点年份不一，但终点均为 2018 年，结果显示，婴儿死亡率起点最

大值为 218.3‰(塞拉里昂)，最小值为 104.6‰(苏丹)，终点最大值为 83.4‰(塞拉里昂)，最小值为 27.3‰(卢旺达)，据世界银行数据库，2018 年全球平均水平为 29‰，终点值仅卢旺达略低于全球平均水平，乌干达(34.6‰)、马拉维(32.1‰)接近但略高于全球平均水平，其他均远高于全球平均水平。20 个低收入国家婴儿死亡率从起点到终点整体上呈现下降趋势，平均下降量绝对值在 3‰~4‰间有 3 个国家、2‰~3‰间 5 个国家、2‰以下 12 个国家，绝对值最大值为 3.81‰、最小值为 1.05‰；平均下降速度绝对值在 3‰~4‰间有 4 个国家、2‰~3‰间 8 个国家、2‰以下 8 个国家，绝对值最大值为 3.79‰、最小值为 1.16‰。据表 2，在 20 个低收入国家的 78 个阶段中，婴儿死亡率平均下降量绝对值在 4‰~7‰间有 7 个阶段，3‰~4‰间 8 个阶段，2‰~3‰间 20 个阶段，2‰以下 43 个阶段；婴儿死亡率平均下降速度绝对值在 4‰~7‰间有 9 个阶段，3‰~4‰间 7 个阶段，2‰~3‰间 23 个阶段，2‰以下 39 个阶段。有文献以中国香港和日本作为参照系统[17]，探索婴儿死亡率下降的理想历程，日本 1950~1975 年婴儿死亡率从 60.1‰下降到 10‰，平均下降量为 2.00‰，平均下降速度为 6.92%，中国香港 1956~1981 年从 60.9‰下降到 9.7‰，平均下降量为 2.05‰，平均下降速度为 7.08%。对照参照系统的平均发展水平，20 个低收入国家婴儿死亡率的平均下降量偏小，下降速度缓慢。故而，20 个低收入国家婴儿死亡率的下降态势不容乐观，要实现 2030 年全球可持续发展目标仍面临巨大挑战。

结果显示，在 20 个低收入国家中，人均 GDP 起点最大值为几内亚 341.52 (current US\$)、最小值为卢旺达 40.69 (current US\$)，终点最大值为马里 894.80 (current US\$)、最小值为布隆迪 271.75 (current US\$)，20 个低收入国家人均 GDP 处于很低的水平。人均 GDP 平均增长量最大值为利比里亚 20.58 (current US\$)、最小值为布隆迪 3.44 (current US\$)，大于 20 (current US\$) 仅 1 个国家、10~20 (current US\$) 10 个国家、小于 10 (current US\$) 9 个国家；平均增长速度最大值为马里 5.89%、最小值为刚果(金) 1.58%，4‰~6‰间 6 个国家、3‰~4‰间 7 个国家、3‰以下 7 个国家。据表 2，在 78 个阶段中，人均 GDP 平均增长量在 40~60 (current US\$) 间有 3 个阶段，30~40 (current US\$) 间 5 个阶段，20~30 (current US\$) 间 14 个阶段，10~20 (current US\$) 间 13 个阶段，10 (current US\$) 以下 43 个阶段；人均 GDP 平均增长速度在 10‰~20‰ 间 9 个阶段，5‰~10‰ 间 16 个阶段，4‰~5‰ 间 8 个阶段，5‰以下 45 个阶段。20 个低收入国家人均 GDP 平均增长量偏小，增长速度缓慢。即使人均 GDP 确是婴儿死亡率的重要影响因素，在现有经济发展基础下，要充分发挥积极的作用，可能效果有限。有必要探索切合实际的防控举措，在后疫情时期适度调整防控策略。

#### 4.2. 低收入国家婴儿死亡率与人均 GDP 关系缺乏稳定性，仅 2 个国家出现了关系变化的转折

阶段性相关分析结果表明，尼日尔 1967~1981 年婴儿死亡率与人均 GDP 不相关，1981~2000 年、2000~2018 年呈不同程度的负相关关系，卢旺达 1961~1970 年、1970~1980 年婴儿死亡率与人均 GDP 不相关，1980~1990 年、1990~2000 年、2000~2010 年、2010~2018 年呈不同程度的负相关关系，仅此 2 国出现了从非负相关向负相关的关系变化。但结合阶段性岭回归分析结果，尼日尔 1967~1981 年人均 GDP 的回归系数 t 检验差异无统计学意义，人均 GDP 不是该阶段婴儿率的影响因素，1981~2000 年人均 GDP 的回归系数 t 检验差异有统计学意义，其标准化回归系数为正值，是该阶段婴儿死亡率的影响因素，但发挥消极作用，2000~2018 年人均 GDP 的回归系数 t 检验差异有统计学意义，其标准化回归系数为负值，是该阶段婴儿死亡率的影响因素，发挥积极作用。经验证，尼日尔人均 GDP 与婴儿死亡率从非积极影响向积极影响的关系变化可能发生在新世纪初期。卢旺达 1961~1970 年、1980~1990 年、1990~2000 年人均 GDP 的回归系数 t 检验差异均无统计学意义，人均 GDP 均不是该 3 个阶段婴儿率的影响因素，1970~1980 年人均 GDP 的回归系数 t 检验差异有统计学意义，其标准化回归系数为正值，是该阶段婴儿死亡率的影响因素，但发挥消极作用，2000~2010 年、2010~2018 年人均 GDP 的回归系数 t 检验差异均有统计学意

义，其标准化回归系数为负值，是该 2 个阶段婴儿死亡率的影响因素，发挥积极的作用。经验证，卢旺达人均 GDP 与婴儿死亡率从非积极影响向积极影响的关系变化亦发生新世纪初期。其他国家不同阶段相关分析、岭回归分析二者关系变化均缺乏相对稳定性，没有发现从非积极影响向积极影响的关系转变。相关分析的关系转变并无实质性意义，仅对进一步探索影响因素有一定的提示作用，仍需结合回归分析进一步判断影响因素的关系变化[9]。基于相关分析结果提出的人均 GDP 与婴儿死亡率“拐点”假设并不妥当，应当根据回归分析结果表述为从无影响或消极影响向有积极影响的关系转变、再从有积极影响向无影响或消极影响的关系转变。

#### 4.3. 低收入国家婴儿死亡率影响因素复杂，人口相关因素占主导位次，经济等相关因素位居次要位置，且人均 GDP 并不总是婴儿死亡率的影响因素

在 20 个低收入国家的 78 个阶段中，经岭回归分析，共有 24 个经济社会变量是婴儿死亡率的影响因素，对发生频数进行分析，结果显示，人口相关因素占 53.16%，占据主导地位；农业(16.50%)、环境与能源(13.11%)、经济(10.68%)、教育(5.10%)、卫生(1.46%)等相关因素位于次要位置。有研究显示[18]，日本 1970~2000 年高婴儿死亡率阶段的主要影响因素也是人口相关因素。前十位影响因素占 79.37%，分别是人口密度、总生育率、超百万城市群的人口、人均 GDP、农业用地、人口增长、城镇人口增长率、耕地、一氧化氮排放量、甲烷排放量，人均 GDP 位居第 4 位；在 78 个阶段中，每个阶段婴儿死亡率的第一影响因素中，人均 GDP 位均居第 5 位，在第二影响因素中亦位居第 5 位，在第三影响因素中位居第 17 位，在第四影响因素中位居第 2 位，第五影响因素中位居第 4 位。人均 GDP 不是婴儿死亡率的关键性决定因素。

相关分析结果显示，在 78 个阶段中，45 个阶段的婴儿死亡率与人均 GDP 呈不同程度相关关系，33 个阶段无相关关系。结合岭回归分析结果，在相关的 45 个阶段中，人均 GDP 的回归系数 t 检验差异有统计学意义 25 个阶段(55.56%)，差异无统计学意义 20 个阶段(44.44%)；在不相关的 33 个阶段中，人均 GDP 的回归系数 t 检验差异有统计学意义 5 个阶段(15.15%)，差异无统计学意义 28 个阶段(84.85%)。说明相关分析仅显示婴儿死亡率与人均 GDP 间的密切程度，岭回归分析才能进一步反映二者间的因果关系，同时，也表明人均 GDP 并不总是低收入国家婴儿死亡率的影响因素。日本人均 GDP 是 1970~2000 年婴儿死亡率的影响因素[18]，并不是 2000~2018 年的影响因素，另有研究使用 1974 年至 1999 年乌干达人口与健康调查的长期数据构建婴儿死亡率决定因素模型[19]，家庭资产和婴儿死亡率显著负相关，但相关性很小，预测即使乌干达经济快速增长再持续十年，对婴儿死亡率的影响也很小，与该国的岭回归结果基本一致。

#### 4.4. 低收入国家应根据婴儿死亡率影响因素变化适时调整防控策略，在重视政府职能基础上，积极防控主导因素但也不可忽略经济等次要因素

结果表明，20 个低收入国家 78 个阶段婴儿死亡率的影响因素是动态变化的，在不同的阶段有必要认清婴儿死亡率所处的位置，根据影响因素的不同及时调整防控策略。

##### 4.4.1. 政府重视儿童生存权利是保障措施高效落实的关键

事实上，在许多低收入国家，旨在降低婴儿死亡率的干预措施无法普及[20]。文献资料表明[21][22][23][24]，政府扎实推行综合项目，婴儿死亡率下降就能取得阶段性成效，有值得总结的经验，也有需要反思的问题。埃塞俄比亚实施卫生推广计划，扩大卫生设施，1990 年至 2015 年儿童死亡率有效下降[21]。乌干达政府通过权力下放途径，改善医疗服务等公共产品的提供，乌干达人口健康调查的国家数据分析表明[22]，在权力下放期间，四个地区中有三个地区的婴儿死亡率不断下降，另一地区不降反升。基于乌

干达 1999~2014 年公共卫生支出与婴儿死亡率关系分析表明[23]，当公共卫生支出与治理之间有相互作用，其与婴儿死亡率呈显著负相关，而无相互作用的公共卫生支出与婴儿死亡率呈正相关。尼日尔实施国家农村健康改善计划，基于 1980~1985 年调查数据[24]，经家庭和社区变量多层次回归分析表明，有药房服务的村庄儿童死亡比无法获得现代卫生服务的村庄低约 32%，但乡村卫生队伍与死亡率显著降低无关。政府高度重视儿童生存与发展，因地制宜主动落实防控措施，不断提高综合治理质量，是保障婴儿死亡率持续下降的关键所在。

#### 4.4.2. 优化人口政策，加强配套公共服务

结果表明，人口相关因素在 20 个低收入国家婴儿死亡率影响因素中占据主导位置，日本在高婴儿死亡率阶段也是如此[18]。优化人口政策应当成为低收入国家防控婴儿死亡的根本举措。卢旺达基加利费萨尔国王医院研究表明[25]，婴儿死亡率越高，生育率越高，原因是父母总是担心可能会死亡，必须生更多孩子确保生存，故而需要对育龄妇女开展针对性健康教育。生育率、人口增长与出生人口数密切关联，出生数增加后婴儿死亡的概率当然也会增多。人口密度增加，超百万城市群的人口增多，人口集群，若与之配套的医疗保健服务及其他公共服务发挥应有的作用，则有助于降低婴儿死亡率，是婴儿死亡率的积极影响因素，否则可能成为消极影响因素。马拉维[26]医疗保健服务均等化影响婴儿死亡率，埃塞俄比亚[27]、马拉维[26]农村婴儿死亡率高于城市。政府还应当加强区域性公共服务配套项目建设，向农村、贫困地区倾斜，促进公共服务均等化，不断满足妇女儿童生活与健康需要。

#### 4.4.3. 加强农业生产，提高粮食产量，改善营养与生活水平

结果显示，农业相关因素在婴儿死亡率影响因素中占 16.50%，处于次要位置。农业相关因素与粮食生产、人民生活息息相关，是人类生存的基本要素之一。目前针对低收入国家农业因素与婴儿死亡率的研究报道极少。在本世纪初全球食品价格飙升，导致 2008 年全球粮食危机[28]。对 2001~2011 年间 95 个发展中国家食品价格上涨对儿童健康影响进行全面评估，发现食品价格上涨对营养有重大不利影响，导致发展中国家特别是最不发达国家的婴儿和儿童死亡率上升，仅在最不发达国家造成营养不良的增加，导致这些最贫穷国家婴儿和儿童死亡率的增加。原因是在低收入国家，粮食在家庭支出中所占份额较高，最不发达国家很可能是粮食净进口国。因此，低收入国家要保护耕地，加强农业生产，保证粮食供给，改善居民营养，特别是孕产妇及婴幼儿的营养，不断提高生活水平。

#### 4.4.4. 保护生态环境，改善生存条件

结果显示，环境与能源相关因素在婴儿死亡率影响因素中占 13.11%，处于次要位置。目前缺乏低收入国家相关研究的文献报告资料。中国基于 2001~2012 年 1773 个县级行政区的“大样本”数据集和 Difference-in-differences (DID) 策略[29]，考察了 SO<sub>2</sub> 对婴儿健康影响，从污染减排和绿色高质量经济增长的角度，实证了排放交易制度影响婴儿死亡率的机制，为环境规制政策与婴儿健康之间的因果关系提供了实证依据。1989~2002 年间，美国对制造设施有毒物质释放清单(TRI)进行跟踪[30]，有毒空气污染浓度对美国县级婴儿和胎儿死亡率有不利的影响，致癌物的释放对婴儿健康结果尤其严重。有研究设定每单位人均 CO<sub>2</sub> 排放量的环境人口加权平均 PM2.5 浓度(PM2.5/CO<sub>2</sub>)，用于评估特定国家/地区的空气污染控制效果(简称 APCI)，在 2000~2016 年间在 196 个国家/地区的变化显示，APCI 与婴儿死亡率、5 岁以下儿童死亡率正相关[31]。日本的 CO<sub>2</sub> 排放量也曾是婴儿死亡率的消极影响因素[18]。经济社会发展，必然会带动能源消耗，各种排放会相应增加，生态环境会受到不同程度的影响，甚或污染与破坏。低收入国家要吸取中高收入国家经济社会发展给生态环境带来负面效应的教训，注重保护生态环境，不断改善生存条件。

#### 4.4.5. 不能放大也不能忽略经济的作用

结果表明，经济相关因素在婴儿死亡率影响因素中占 10.68%，处于次要位置。关于低收入国家经济发展与婴儿死亡率关系的研究文献较少，有报道家庭收入是埃塞俄比亚[21]婴儿死亡率的影响因素，马拉维高收入家庭的婴儿死亡风险较低[31]，马拉维[26]居住在富裕城市地区的女性婴儿死亡比农村地区低 58%。消除贫穷、缩小贫富差距，有助于降低婴儿死亡率。家庭收入与经济社会发展是有关联的，低收入国家家庭收入整体水平的提高，必须建立在国家经济充分发展基础上的，不能忽略经济发展对婴儿死亡率的潜在影响。同时，经济可持续发展也是卫生投入、社会公共服务投入的基础和保障条件，低收入国家要大力发展自主可持续经济。由于低收入国家人均 GDP 与婴儿死亡率的关系缺乏相对的稳定性，岭回归分析显示，在 78 个阶段中仅 30 个阶段是婴儿死亡率的影响因素，也不能过度放大人均 GDP 的作用，应自觉规避不必要的投入与资源浪费。

#### 4.4.6. 扩大全民教育覆盖率，提升妇女教育水平

结果还显示，教育相关因素在婴儿死亡率影响因素中占 5.10%，处于次要位置。相关文献报道较多，1974~1999 年乌干达母亲小学毕业率的提高对婴儿死亡率产生重大影响[19]。母亲受教育程度较低[32]是 2016~2018 年中非共和国“班吉大学综合医院”新生儿早期死亡因素之一。苏丹 Wad Medani 地区育龄妇女母亲教育水平对五岁以下儿童死亡率非常重要[33]。马拉维母亲的教育程度[26]不是马拉维婴儿死亡率的重要预测因素。马达加斯加[34]母亲的必要教育、埃塞俄比亚母亲的婚姻和教育状况[21]与婴儿死亡率相关。提高教育水平，可以提高家庭包括妇女的健康意识，可以促进学习领会相关健康知识，为形成良好的生活习惯和行为习惯建立科学认知基础，还可以有效提高充分利用保健服务的能力。不仅仅是提高儿童生存质量需要加强教育，而且加快推进低收入国家的社会发展也需要加强全民教育。政府应当把全民教育作为不可或缺的重要举措不遗余力抓实、抓牢、抓具体，持续不断扩大全民教育覆盖率，切实提高育龄妇女识字率，有效提高女生的中小学入学率与毕业率，并将健康教育科普知识纳入到全民教育中。

#### 4.4.7. 普及妇女儿童健康服务，积极防控危险因素

结果也表明，卫生相关因素在婴儿死亡率影响因素中仅占 1.46%，处于最末位置，可能与收集的卫生相关指标少且数据不齐全有一定的关系，但这方面的研究文献颇多，值得学习借鉴的经验较多。预防接种在降低婴儿死亡率方面发挥了极其重要的作用，在卢旺达[25] [35]、苏丹[33]、马达加斯加[34]等低收入国家有可靠的循证学依据。疟疾控制计划也有助于降低婴儿死亡率，马拉维[36]应用 Cox 比例风险模型分析人口与健康调查相关数据，驱虫蚊帐用户家庭比非用户家庭的的婴儿死亡率低，家庭拥有蚊帐也是卢旺达[35]婴儿死亡率风险因素之一。马达加斯加充分母乳喂养[34]，埃塞俄比亚[27]纯母乳喂养、出生 24 小时内开始母乳喂养[27]，有助于降低婴儿死亡风险。母亲年龄[21] [32] [37]、胎次[26]或出生顺序[21] [33]、生育间隔(<24 个月)[27] [33]、避孕措施[33] [35]、既往婴儿和儿童死亡史[38]、早产和/或低出生体重[32] [33] [34]、双胞胎[38]等是低收入国家婴儿死亡的风险因素。孕产妇保健[26]、产前检查妇女的健康教育[25]、孕母营养[37]、产前护理[21] [32] [34]、卫生专业人员产前护理[35]、卫生专业人员协助分娩[35]、剖宫产分娩[32]、家庭分娩[32]、每一位孕妇和每一个新生儿都有机会获得高质量的护理和挽救生命的干预措施[39]、新生儿护理[26]等孕产期保健服务措施对低收入国家的婴儿死亡率产生着不同程度的影响。埃塞俄比亚母亲如厕后和给孩子喂奶前没有用肥皂洗手[27]、厕所设施的可用性以及洗手用肥皂的习惯[21]与婴儿死亡率有关。有必要加强改善孕产期保健服务，普及基本保健服务项目，开展健康教育，及早发现并妥善处理孕产妇和新生儿的危险因素。

#### 4.4.8. 国际援助应着力于帮助建立可持续发展机制，立足为当地培养专业技术人才

总部位于美国的非政府组织 Curamericas Global 一直在世界各地的偏远社区开展工作，目的是结束可

预防的妇女和儿童死亡。该组织与美国国际开发署在玻利维亚、危地马拉和利比里亚三个国家实施了六个儿童生存与健康补助项目[40]，在1987~2015年的25年来(其中3年未实施项目)，Curamericas Global共花费858,2126美元，惠及403,137名间接和229,087名直接受益人，通过母婴疾病的关键预防和治疗，挽救了1201人的生命。2008年美国一名助产士于马拉维创立了Joyful Motherhood (JM)非营利组织，为马拉维利隆圭农村的高危孕产妇产后和婴儿提供家庭护理[41]。2013年10月至2020年7月，婴儿死亡率为4.5% (46/1014)，产妇死亡率为1.4% (6/425)。塞拉利昂是一个典型的依赖援助的国家[42]，有研究发现，援助在促进塞拉利昂经济增长方面有重要意义，但证据不能支持对婴儿死亡率的作用，研究者认为最有效的援助以实现政治稳定和民主，对于提高援助效力可能至关重要。针对低收入国家的国际援助项目不能仅局限于在当地开展医疗保健服务，或援助资金或相关物资，应把援助工作的重点放在帮助所在地培养相关专业技术人才，协助建立可持续的发展机制，在援助项目结束后，仍能自主发挥作用。

#### 4.5. 局限性

本研究所涉及的婴儿死亡率影响因素范围广、指标多，作者的能力水平有限，论述分析仍有不足之处。通过岭回归分析回归系数t检验确定影响因素、比较标准化回归系数绝对值大小判断影响程度，理论上虽然可行，但在方法学上仍需深入探索创新。有5个阶段相关分析人均GDP与婴儿死亡率无相关关系，但在岭回归分析时人均GDP的回归系数差异却有统计学意义，没有深入分析原因所在。本文篇幅长，表格多而长、内容量大，不够简捷明了。限于篇幅原因，78个阶段的岭回归分析仅展示了回归模型检验、回归系数检验、拟合优度三个方面内容，省略了78幅岭迹图，可能会影响读者的客观评判。限于数据的完整性，不同阶段自变量并不完全一致。

#### 5. 小结

儿童生存是社会发展、人类延续的重要资源，降低婴儿死亡率有着十分重要的现实意义和深远意义。在不同发展阶段婴儿死亡率的影响因素是有差别的，正确认识低收入国家婴儿死亡率所处的历史方位非常重要。本文通过相关分析结合岭回归分析论证低收入国家人均GDP与婴儿死亡率关系、进一步寻找婴儿死亡率影响因素在方法学上是简便可行的。低收入国家婴儿死亡率总体上呈下降趋势，但发展态势不容乐观；低收入国家人均GDP总体上呈增长趋势，但由于基础薄弱、增速缓慢，可能难以对婴儿死亡率发挥显著的决定性影响。人均GDP与婴儿死亡率关系在低收入国家中缺乏稳定性，仅尼日尔、卢旺达出现了关系变化的转折，相关分析显示的非负相关向负相关的转变对进一步探索有提示作用，而岭回归分析显示的从非积极影响(无影响或消极影响)向有积极影响的关系转变对调整防控策略更有指导意义。低收入国家婴儿死亡率影响因素复杂，人口相关因素占主导地位，农业、环境与能源、经济、教育、卫生相关因素处于次要位置，且人均GDP并不总是婴儿死亡率的影响因素。实施婴儿死亡率防控举措、及时调整防控策略的关键是政府高度重视儿童生存权益且发挥统筹主导作用，把重点放在公共服务普及与可持续发展上，并向农村和贫困地区有力倾斜。

#### 基金项目

南通市妇幼健康专科联盟科研项目(TFM202104)。

#### 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] 李鸿斌. 基于《世界卫生统计2015》资料全球5岁以下儿童死亡率的现状分析[J]. 中国循证医学杂志, 2017, 17(3): 269-275.

- [3] Wang, S. and Wu, J. (2020) Spatial Heterogeneity of the Associations of Economic and Health Care Factors with Infant Mortality in China Using Geographically Weighted Regression and Spatial Clustering. *Social Science & Medicine*, **263**, Article ID: 113287. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113287>
- [4] Miladinov, G. (2023) Measuring of the Socio-Economic Causes of Infant Mortality in Macedonia, Turkey and Albania. *Journal of Public Health*, **31**, 85-98. <https://doi.org/10.1007/s10389-020-01419-4>
- [5] 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>
- [6] Dutta, U.P., Gupta, H., Sarkar, A.K. and Sengupta, P.P. (2020) Some Deter-Minants 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>
- [7] Hassan, S.A., Zaman, K., Zaman, S. and Shabir, M. (2014) Measuring Health Expenditures and Outcomes in SAARC Region: Health Is a Luxury? *Quality & Quantity*, **48**, 1421-1437. <https://doi.org/10.1007/s11135-013-9844-2>
- [8] Li, H.B., Feng, H.J., Wang, 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.
- [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] United Nations (2020) The Sustainable Development Goals Report 2020. [https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020\\_Chinese.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Chinese.pdf)
- [11] Rao, S.P.N., Minckas, N., Medvedev, M.M., et al. (2021) Small and Sick Newborn Care during the COVID-19 Pandemic: Global Survey and Thematic Analysis of Healthcare Providers' Voices and Experiences. *BMJ Global Health*, **6**, e004347. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-004347>
- [12] Minckas, N., Medvedev, M.M., Adejuyigbe, E.A., et al. (2021) Preterm Care during the COVID-19 Pandemic: A Comparative Risk Analysis of Neonatal Deaths Averted by Kangaroo Mother Care versus Mortality Due to SARS-CoV-2 Infection. *EClinicalMedicine*, **33**, Article ID: 100733. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2021.100733>
- [13] World Health Organization (WHO) (2021) New Research Highlights Risks of Separating Newborns from Mothers during COVID-19 Pandemic. <https://www.who.int/news/item/16-03-2021-new-research-highlights-risks-of-separating-newborns-from-mothers-during-covid-19-pandemic>
- [14] 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.
- [15] 李鸿斌, 贲宇, 冯海娟. 不同收入国家 2000-2016 年婴儿死亡率经济社会因素的岭回归分析[J]. 国际临床研究杂志, 2023, 7(3): 39-44.
- [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] 李鸿斌, 冯海娟, 钱志娟, 等. 婴儿死亡率下降的理想历程分析[EB/OL]. <http://chinaxiv.org/abs/201703.00902>, 2017-03-31.
- [18] 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.
- [19] Ssewanyana, S. and Younger, S.D. (2008) Infant Mortality in Uganda: Determinants, Trends and the Millennium Development Goals. *Journal of African Economies*, **17**, 34-61. <https://doi.org/10.1093/jae/ejm004>
- [20] Ramos, A.P., Hazlett, C. and Smith, S. (2021) Beyond Poverty as a Proxy: Reducing Inequality in Infant Mortality by Identifying and Targeting Higher Risk Births. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.07.20.21260818>
- [21] Yohannes, M.A., Amsalu, F.S., Birhanu, M.Z. and Workie, S.B. (2017) Childhood Mortality: Trends and Determinants in Ethiopia from 1990 to 2015—A Systematic Review. *Advances in Public Health*, **2017**, Article ID: 7479295. <https://doi.org/10.1155/2017/7479295>
- [22] Niringiye, A. (2015) Infant Mortality Rates and Decentralisation in Uganda. *Australasian Medical Journal*, **8**, 47-51. <https://doi.org/10.4066/AMJ.2015.2275>
- [23] Mugobera, R. (2019) Public Health Expenditure and Infant Mortality in Uganda: Does Governance Matter? Makerere University Institutional Repository. <http://makir.mak.ac.ug/handle/10570/7732>
- [24] Magnani, R.J., Rice, J.C., Mock, N.B., et al. (1996) The Impact of Primary Health Care Services on under-Five Mortality in Rural Niger. *International Journal of Epidemiology*, **25**, 568-577. <https://doi.org/10.1093/ije/25.3.568>
- [25] William, K. (2013) Infant Mortality Regulation Policy and Fertility in Rwanda (2009-2013): A Case of King Faisal Hospital Maternity Department. Mount Kenya University. <http://erepository.mku.ac.ke/handle/123456789/5364>
- [26] Ntenda, P., Chuang, K.Y., Tiruneh, F.N. and Chuang, Y.C. (2014) Factors Associated with Infant Mortality in Malawi.

- Journal of Experimental & Clinical Medicine*, **6**, 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.jecm.2014.06.005>
- [27] Bikls, G.A., Berhane, Y., Worku, A. and Gete, Y.K. (2015) Exclusive Breast Feeding Is the Strongest Predictor of Infant Survival in Northwest Ethiopia: A Longitudinal Study. *Journal of Health, Population and Nutrition*, **34**, Article No. 9. <https://doi.org/10.1186/s41043-015-0007-z>
- [28] Lee, H.H., Lee, S.A., Lim, J.Y. and Park, C.Y. (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>
- [29] Shao, S., Xu, L. and Fan, M. (2022) The Effect of Emission Trading System on Infant Health: Evidence from China. *Environmental Geochemistry and Health*, **44**, 3021-3033. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01173-w>
- [30] Agarwal, N., Banterghansa, C. and Bui, L. (2010) Toxic Exposure in America: Estimating Fetal and Infant Health Outcomes from 14 Years of TRI Reporting. *Journal of Health Economics*, **29**, 557-574. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2010.04.002>
- [31] Han, C., Xu, R., Zhang, Y., et al. (2021) Air Pollution Control Efficacy and Health Impacts: A Global Observational Study from 2000 to 2016. *Environmental Pollution*, **287**, Article ID: 117211. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117211>
- [32] Gody, J.C., Engoba, M., Mejiozem, B., et al. (2021) Risk Factors of Early Neonatal Deaths in Pediatric Teaching Hospital in Bangui, Central African Republic. *Open Journal of Pediatrics*, **11**, 840-853. <https://doi.org/10.4236/ojped.2021.114079>
- [33] Haroun, H.M., Mahfouz, M.S. and Ibrahim, K.H. (2007) Level and Determinants of Infant and under-Five Mortality in Wad-Medani Town, Sudan. *Journal of Family and Community Medicine*, **14**, 65-69.
- [34] Nyoni, T. (2021) Forecasting Infant Mortality Rate in Burkina Faso Using Artificial Neural Networks. *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology*, **5**, 576-580.
- [35] Hong, R., Ayad, M., Rutstein, S., et al. (2009) Childhood Mortality in Rwanda: Levels, Trends, and Differentials: Further Analysis of the Rwanda Demographic and Health Surveys, 1992-2007/8. <https://dhsprogram.com/pubs/pdf/FA66/FA66.pdf>
- [36] Nkoka, O., Chuang, T.W. and Chen, Y.H. (2019) Effects of Insecticide-Treated Net Access and Use on Infant Mortality in Malawi: A Pooled Analysis of Demographic Health Surveys. *Preventive Medicine*, **127**, Article ID: 105790. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.105790>
- [37] Gatabazi, P., Melesse, S.F. and Ramroop, S. (2019) Infant Mortality at the Kigali University Teaching Hospital: Application of Aalen Additive Hazards Model and Comparison with Other Classical Survival Models. *African Population Studies*, **33**, 4834-4851. <https://doi.org/10.11564/33-2-1382>
- [38] Diallo, H.A. (2012) Perinatal and Infant Mortality in Rural Burkina Faso. A Prospective Community-Based Cohort Study. Master's Thesis, University of Bergen, Bergen. <https://core.ac.uk/download/pdf/30925067.pdf>
- [39] Azmach, N.N. and Hamza, T.A. (2018) Analysis of the Levels and Trends in Infant and Under-Five Mortality in Ethiopia. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*, **5**, 10-18.
- [40] Herrera, A. (2017) An Analysis of Select Child Survival Project Data: How Many Lives Were Saved? Master's Thesis, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill. [https://cdr.lib.unc.edu/concern/masters\\_papers/ns064935q](https://cdr.lib.unc.edu/concern/masters_papers/ns064935q)
- [41] Nosek, M. and Chiwaula, J. (2020) 'Chimwemwe Mu'berek' (Joyful Motherhood): Closing the Gap in Unmet Need for Home Based Nurse Midwifery Care in High Risk Infants and Postpartum Women in Malawi. *Journal of Midwifery & Women's Health*, **65**, 716-717. <https://doi.org/10.1111/jmwh.13176>
- [42] Kargbo, P.M. (2012) Donor Intervention, Economic Growth and Poverty Reduction: The Case of Sierra Leone. Ph.D. Thesis, University of Manchester, Manchester. [https://pure.manchester.ac.uk/ws/portalfiles/portal/54519004/FULL\\_TEXT.PDF](https://pure.manchester.ac.uk/ws/portalfiles/portal/54519004/FULL_TEXT.PDF)