

# 系统工程在人口问题中的应用研究

王艳萍, 李跃文, 张晓燕, 刘 准

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2021年11月21日; 录用日期: 2021年12月16日; 发布日期: 2021年12月23日

## 摘 要

中国现在正面临一系列人口危机问题, 其中最为严峻的是人口自然增长率低问题, 从夫妇一方为独生子女允许生育二胎到全部夫妇可以生育二胎到三胎, 这背后反映出了我国严峻的人口形势问题, 中国人口居世界首位, 人口出现问题, 则是亟待解决的重大问题, 因此解决人口问题刻不容缓。本文利用系统工程有关方法, 研究我国人口自然增长率低的影响因素, 通过问题界定、目标确定、模型建立、系统评价与决策、实施管理来对问题进行分析, 并提出相关建议。

## 关键词

人口问题, 人口自然增长率, 系统工程

# The Application of System Engineering in Population Problems

Yanping Wang, Yuewen Li, Xiaoyan Zhang, Zhun Liu

Shanghai University of Engineering and Technology, Shanghai

Received: Nov. 21<sup>st</sup>, 2021; accepted: Dec. 16<sup>th</sup>, 2021; published: Dec. 23<sup>rd</sup>, 2021

## Abstract

China is now facing a series of population crisis problems, one of the most severe is the low population growth rate, from couples one party for the only child allowed to have two children to all couples can have two to three children, which reflects the severe population situation in China. China's population ranks first in the world. If there is a population problem, it is a major problem to be solved urgently. Therefore, it is urgent to solve the population problem. This paper uses the relevant methods of system engineering to study the influencing factors of the low natural growth rate of the Chinese population, analyzes the problem, through the problem definition, target determination, model establishment, system evaluation and decision-making, and implementation

management, and puts forward relevant suggestions.

## Keywords

Population Problems, Natural Population Growth Rate, Systematic Engineering

Copyright © 2021 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

人口问题在整个社会经济发展中始终占据着非常重要的地位。尽管我国是世界上人口最多的国家,但是统计局数据显示,近年来,我国的人口增长率正在逐年下降,人口老龄化问题愈加严重。人口系统是一个十分庞大而且复杂的动态系统,它与经济、社会、资源、环境系统组成了人类生存与发展巨系统[1]。

20世纪60年代初,现代意义上的系统工程开始逐渐形成,按照钱学森先生的学科体系思想,系统工程是从属于系统科学的具体工程技术,系统工程的研究对象是组织化的复杂系统[2]。

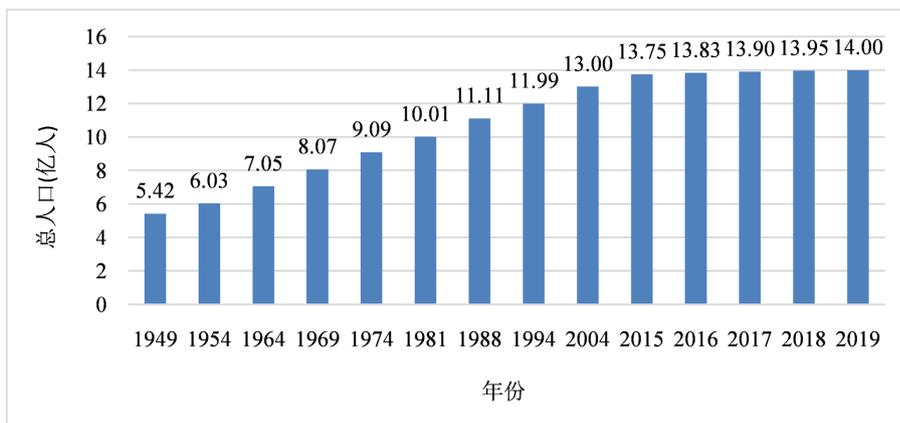
人口系统具有的特点与一般系统相同,因此系统工程也可以作为人口系统的一种研究手段,人口系统工程就是二者的结合。人口系统工程,通过人口系统的建模、分析、预测、决策、规划、管理和控制,研究人口系统与其它经济、社会、资源和环境系统之间的复杂动态关系,以便为政府制订人口政策提供科学依据,促进可持续发展[3]。人口系统与资源、环境、经济、社会系统之间相互联系、相互影响,要理解它们之间的相互关系和相互作用,需要用系统科学的方法对此从多方面、多角度探究分析、进而解决问题。

## 2. 我国人口存在的问题

我国人口严重失衡,最初,根据人口调查数据,严格执行计划生育政策后,效果显著,人口的出生率大幅度下降,缓解了资源不足问题,将中国的人口规模稳定在了一个量级,明显放缓了人口增长的速度,总人口变化情况如图1所示。然而,长期以来的“计划生育”政策也带来了自然增长率低、出生性别比例失调、人口老龄化问题、劳动力短缺难以满足未来的经济发展状况的隐患,主要体现在少子化和生育率。且我国总和生育率极低,专家预测在低生育状态下2100年将出现倒“V”型趋势[4],而导致这种趋势的原因中,自然增长率是极为重要的原因。

人口自然增长率是指在一定时期内(通常为一年)人口自然增加数(出生人数减死亡人数)与该时期内平均人数(或期中人数)之比,一般用千分率表示,是反映人口增长速度和制定人口计划的重要指标[5]。2010年人口普查数据显示,2010年的总生育率为1.1811,且人口自然增长率大幅下降,劳动力因人口老龄化程度加重而不断减少,这严重阻碍了我国经济的快速发展,截止2018年年末,中国大陆总人口13.9538亿人,相对于去年末增加了530万人。2018年,死亡人数为993万,死亡率为7.13%;出生人数为1523万,出生率为10.94%;人口发展自然经济增长率为3.81%。大陆人口虽然于2019年年末达到了14亿人,出生人数相比于2018年却减少了58万人,与2016年相比,减少了321万人,当年仅1465万人出生,出生率为10.48%,出生率下降已成趋势。第七次全国人口普查数据显示,总人口为14.1178亿人,与2010年第六次全国人口普查1,339,724,853人相比,增加72,053,872人,增长5.38%,年平均增长率由2010

年的 0.57%下降为 0.53%，10 年来继续保持低速增长态势。通常情况下，一定范围内的人口增长有助于经济增长，一方面，人口的增长会引起需求的增加，需求增加会引起供给增加，从而对经济发展起到促进作用；另一方面当现存人口难以满足经济发展所需要的劳动力时，这必将会刺激人口自身的再生产。人口这个重大问题严重影响了我国的经济发展，因此为促进我国经济发展，必须要找出我国的人口增长率低的影响因素，进而采取各种措施来提高人口自然增长率。



数据来源：国家统计局。

Figure 1. Total population change in China from 1949~2019  
图 1. 1949 年~2019 年我国总人口变化情况

### 3. 系统工程的应用

通常情况下，一定范围内的人口增长有助于经济增长，对经济快速发展有促进作用，而当经济发展对劳动力的需求大于现存人口数量时，这必将会刺激人口自身的再生产。人口能否合理增长将影响国家各个方面的发展，因此，现如今提高人口增长率，显得至关重要。由于各种因素是相互作用、相互影响的，所以论文采用系统工程的方法来对此进行分析。

#### 3.1. 目标确定与模型构建

借助系统工程方法来分析影响人口自然增长率的各种因素，根据要素间的相互联系建立结构模型，找出各种因素与自然增长率之间的关系，为今后的人口政策提供参考信息。影响我国人口自然增长率的因素很多，根据实际情况和参考资料，进行相应的分析，其构成要素如表 1 所示。

Table 1. Affects the demographic factors  
表 1. 影响人口因素

关键问题：人口自然增长率低的原因 S <sub>12</sub>					
因素			因素		
1	期望寿命	S <sub>1</sub>	7	环境污染程度	S <sub>7</sub>
2	医疗水平	S <sub>2</sub>	8	国民收入水平	S <sub>8</sub>
3	生育能力	S <sub>3</sub>	9	国民素质	S <sub>9</sub>
4	计划生育政策	S <sub>4</sub>	10	出生率	S <sub>10</sub>
5	国民思想风俗	S <sub>5</sub>	11	死亡率	S <sub>11</sub>
6	食物营养	S <sub>6</sub>			

利用层次分析法，构建的人口增长的可达矩阵如图 2 所示。运用 ISM 步骤最终建立的结构模型，如图 3 所示。

$$\begin{matrix}
 & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 & S_9 & S_{10} & S_{11} & S_{12} \\
 S_1 & [1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1] \\
 S_2 & [1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1] \\
 S_3 & [0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1] \\
 S_4 & [0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1] \\
 S_5 & [0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1] \\
 S_6 & [1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1] \\
 S_7 & [1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1] \\
 S_8 & [0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1] \\
 S_9 & [0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1] \\
 S_{10} & [0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1] \\
 S_{11} & [0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1] \\
 S_{12} & [0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1]
 \end{matrix}$$

Figure 2. An accessible matrix of population growth

图 2. 人口增长的可达矩阵

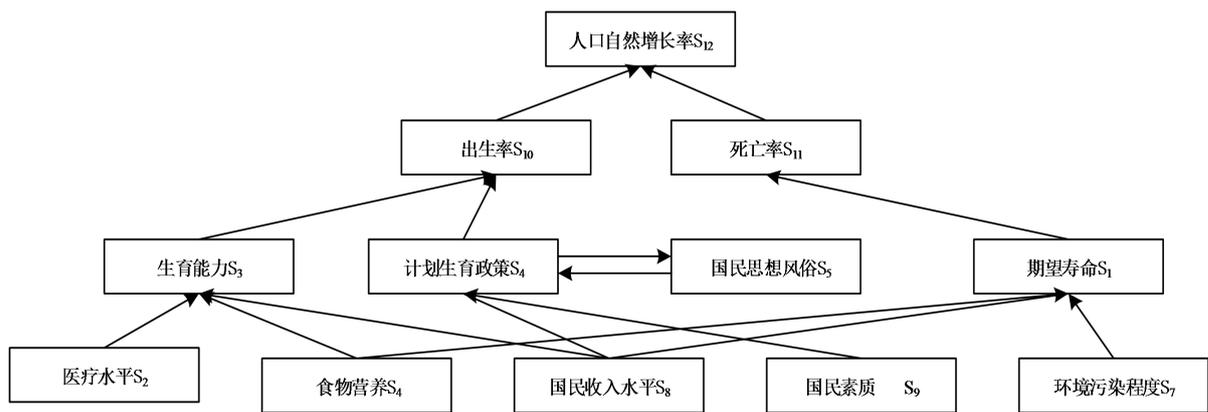


Figure 3. Structural model of natural growth rate

图 3. 自然增长率影响因素分析结构模型

### 3.2. 模型评价与决策

由图 3 中的结构方程模型可知，人口系统工程是一个多级递阶系统。人口自然增长率最直接影响因素是：S<sub>10</sub>-出生率，S<sub>11</sub>-死亡率；影响第二层的因素是：S<sub>3</sub>-国民生育能力，S<sub>4</sub>-计划生育政策，S<sub>5</sub>-国民思想风俗，S<sub>1</sub>-期望寿命；影响第三层的因素为：S<sub>2</sub>-医疗保健水平，S<sub>4</sub>-食物营养，S<sub>8</sub>-国民收入，S<sub>9</sub>-国民素质，S<sub>7</sub>-环境污染程度。

从递阶结构模型可以看出：最低一级的导致因素有五个，国民素质、医疗保健水平、环境污染程度、食物营养、国民收入。首先是国民收入，国民收入低也就导致了，许多家庭无法承担巨大的经济支出，无承受起连年攀升的房价、无法承受上涨的物价，因此，许多家庭生育二胎意愿低的理由是“养不起”[5]。其次是医疗保健水平因素和国民素质，二者在一定程度的上影响人们的死亡率和生育观念，当国内医疗保健水平低时，疾病不能得到有效治疗，必然会导致死亡率升高，孕妇不能得到专业的检查和看护，出生率会下降，这些都会影响人口自然增长率。而计划生育政策同国民生育能力一样，也会影响到出生率，当国家鼓励生育时，出生率会高，计划生育时，出生率会显著降低；同时当生活环境不良时，会直

接或者间接造成国民的生育能力不断下降，出生率自然也会下降，进而影响人口自然增长率。第三层的影响因素中，计划生育政策对国民的思想观念和风俗习惯有一定的影响。自 20 世纪 90 年代以来，城市地区一直在施行着独生子女政策，人们的生育观念正随着社会经济水平的发展转变，从开始对孩子数量的追求转变为对孩子教育质量的关注，甚至产生了没有生育意愿的丁克家庭，我国的意愿生育数正在逐年下降，很大部分地区甚至已经下降到更替水平以下(不足 2 个) [6]。而对于期望寿命，两方面制约着寿命的长短，一方面，个人差异也会对人的寿命长短有所限制，比如，生活条件、体质、遗传因素等，另一方面，人们的寿命受到医疗卫生水平、生存环境、社会经济条件的限制。在第二层中的影响因素，人口死亡率和出生率直接影响我国人口的自然经济增长率高低。

在运用层次分析法对问题进行分析时，首先对所分析的问题进行层次化。根据问题的性质和要达到的总体目标，将问题分解为不同的构成因素，并根据这些因素之间的相互影响和隶属关系，在不同的层次上对这些因素进行聚合组合，形成多层次的分析结构模型。如图 4 所示，该问题最终被转换为相对于最高级别(总体目标)的最低级别的排序问题。依据这些排序，最终可以对所分析的问题做出评估决策。分析如下：

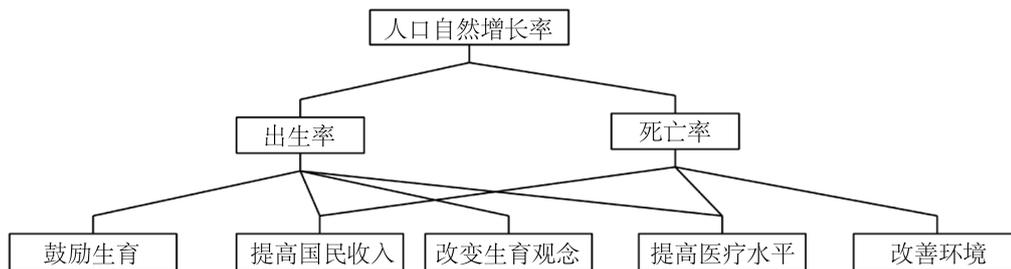


Figure 4. Hierarchical analysis model of the natural population growth rate  
图 4. 人口自然增长率层次分析模型

经过用层次分析法软件运行后，得出原始矩阵和修正后的原始矩阵结果，并通过不断地修正，使得一致性通过检验，过程如下，中间层权重表如表 2 所示。

原始权重矩阵：人口自然增长率： $\lambda_{\max} = 2$ ； $CR = 0$ ； $CI = 0$

	出生率	死亡率
出生率	1	3
死亡率	1/3	1

修正后计算用权重矩阵：人口自然增长率： $\lambda_{\max} = 2$ ； $CR = 0$ ； $CI = 0$

	出生率	死亡率	权重(wi)
出生率	1	3	0.75
死亡率	1/3	1	0.25

原始权重矩阵：人口自然增长率-->出生率： $\lambda_{\max} = 4.1169$ ； $CR = 0.0438$ ； $CI = 0.039$

	鼓励生育	提高国民收入	改变生育观念	提高医疗水平
鼓励生育	1	3	7	5
提高国民收入	1/3	1	5	3
改变生育观念	1/7	1/5	1	1/3
提高医疗水平	1/5	1/3	3	1

修正后计算用权重矩阵：人口自然增长率-->出生率： $\lambda_{\max} = 4.1169$ ； $CR = 0.0438$ ； $CI = 0.039$

	鼓励生育	提高国民收入	改变生育观念	提高医疗水平	权重(wi)
鼓励生育	1	3	7	5	0.5638
提高国民收入	1/3	1	5	3	0.2634
改变生育观念	1/7	1/5	1	1/3	0.055
提高医疗水平	1/5	1/3	3	1	0.1178

一致性 CR 求解：

$$\lambda_{\max} = (\sum(Aw/w))/n = 4.1169, RI = 0.89, n = 4, CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = (4.1169 - 4)/(4 - 1) = 0.039,$$

$$CR = CI/RI = 0.039/0.89 = 0.0438$$

原始权重矩阵：人口自然增长率-->死亡率： $\lambda_{\max} = 3.0385$ ； $CR = 0.037$ ； $CI = 0.0193$

	提高国民收入	提高医疗水平	改善环境
提高国民收入	1	1/3	3
提高医疗水平	3	1	5
改善环境	1/3	1/5	1

修正后计算用权重矩阵：人口自然增长率-->死亡率： $\lambda_{\max} = 3.0385$ ； $CR = 0.037$ ； $CI = 0.0193$

	提高国民收入	提高医疗水平	改善环境	权重(W <sub>i</sub> )
提高国民收入	1	1/3	3	0.2583
提高医疗水平	3	1	5	0.637
改善环境	1/3	1/5	1	0.10

一致性 CR 求解：

$$\lambda_{\max} = (\sum(Aw/w))/n = 3.0385, RI = 0.52, n = 3, CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = (3.0385 - 3)/(3 - 1) = 0.0193,$$

$$CR = CI/RI = 0.0193/0.52 = 0.037$$

**Table 2.** Middle layer weight table

**表 2.** 中间层权重表

节点	全局权重	同级权重
出生率	0.75	0.75
死亡率	1/4	0.25

总排序的一致性，人口自然增长率  $CR = (0.75 * 0.039 + 0.25 * 0.0193)/(0.75 * 0.89 + 0.25 * 0.52) = 0.0427$ 。

由图5可知，鼓励生育政策权重占比为0.4229，提高国民收入占比0.2621，改变生育观念占比0.0413，提高医疗水平占比0.2476，改善环境占比0.0262。即方案的优先次序排序为颁布鼓励生育政策 > 提高国民收入 > 提高医疗水平 > 改变生育观念 > 改善环境。

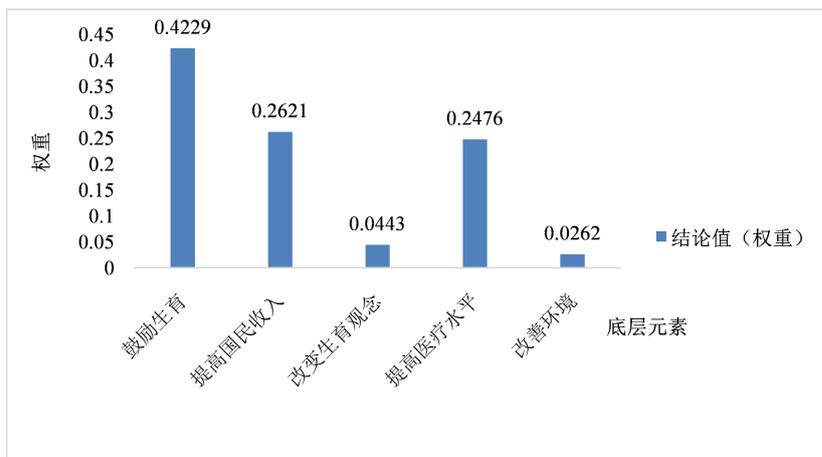


Figure 5. Weight diagram  
图 5. 权重图

依据模型分析，提高人口自然增长率，可以从政策、经济、医疗、环境方面入手。政策方面，可以颁布鼓励生育政策，逐渐转变人们的生育观；经济方面，提高收入，降低经济压力；医疗方面，加强医疗建设，提高医疗服务水平；环境方面，保护生态环境，提高对环境的收益率，促进生态环境系统良性循环。

#### 4. 提升人口自然增长率的对策

第一、转变人口政策。当一个国家的人口停止增长甚至出现负的增长或者人口增长过快时，国家会采取相对应的政策，这时所采取的政策，为人口政策。不同的国家因所处地区经济条件、生活条件、医疗条件的不同，人口状况也就不同，自然所采取的人口政策也就不同，而且，人口政策会随着国家的人口发展实际状况发生变化做出相应的调整。1971年推行的计划生育政策迅速降低了我国的出生率和增长率，缓解了由于各种各样社会资源不充足可能引发的社会矛盾。然而由于社会、文化、经济的逐步发展和转变，以前颁布的计划生育政策现在已经不符合我国的基本国情，限制了人口和社会经济可持续发展。因此，现行政策应转为鼓励生育政策，每家两个孩子是国际公认的最理想家庭结构模式，全面二孩可以改变中国“421”式的脆弱家庭结构，进而改善老龄化及由此产生的社会问题[6]。但近年来，我国人口老龄化愈加严重，为进一步优化生育政策，开始实施一对夫妻可以生育三个子女的政策，现在“三孩”的时代也已经到来。首先，生育全面放开，幼教产业和公共托幼服务应该得到优先发展；然后，建立生育基金制度，建立父母双方共休育儿假制度并延长职业女性的产假天数；颁发鼓励生育的住房政策，另外使财税政策的调节作用得到充分发挥，对养育多个孩子的大家庭和接收女性再就业的企业给予一定的税收优惠，同时对这些家庭给予一定的财政补贴，这样人们的生育意愿就会得到提升，人口自然增长率也会增加[4]。

第二、提高国民收入。二胎三胎的生育让许多家庭必须支付巨大的经济支出，近些年我国经济增长缓慢，房价高、收入低、物价上涨快，也就导致了許多家庭生育二胎三胎的意愿低，理由就是“养不起”。因此，要提高自然人口增长率，可以一定程度上通过提高国民收入来解决，当人们有了足够的收入，能够承担起养育更多的孩子，能够应对物价的上涨，生育意愿会提高，出生率才会提高，进而提升人口自然增长率。

第三、加强医疗建设，提高医疗服务水平。医学的进步和医疗卫生事业的快速发展直接影响着出生率和死亡率。医学的进步使得各种患致死疾病病人的死亡率下降，人口死亡率得以降低，人口平均寿命得到进一步的延长[7]。提高我国医疗技术服务管理水平，在转变成为人们对于生育观的同时，保证了健康出生的婴儿数、降低婴儿死亡率，提升出生率。

第四、提升生育意愿。由于我国颁布的保障政策相对较少，生育福利制度不完善，医疗、教育资源配置少，影响了人们的生育意愿。国家可以逐步消除我国长期独生子女政策的惯性，逐步改变人们的生育观念；通过鼓励生育的住房政策，提供补贴，同时医疗资源、教育资源向幼教倾斜，减轻家庭压力，提升生育意愿。

第五、改善环境。当环境恶劣时，环境污染会对人体造成损害，影响生育能力，降低出生率，提高死亡率。国家应严格治理环境污染，因为环境污染产生的有害气体、有害水源等会对人体的健康产生非常严重的影响，轻则呼吸系统、神经系统等紊乱异常，重则致癌、致残，甚至死亡，提高了人口死亡率；同时部分污染也会影响人的生育能力，降低人口出生率。国家应该从源头治理污染，对污染企业进行管理，安装相关净化设备，指导污染企业针对有害气体、污水等如何处理排放等。

## 5. 结论

通过分析可知，要解决人口自然增长率低问题，首先要转变人口政策，从控制人口的计划生育政策转变为鼓励生育政策；其次，提高国民收入，使其能够承担起养育子女，供养老人的负担；同时，加强医疗建设，提高医疗服务水平，提高出生率，降低死亡率；转变育龄家庭的生育观念，逐渐提升其生育意愿；最后通过改善生存环境，降低污染有害气体对人体的影响，降低死亡率，同时减轻对人体生育能力的影响，提高出生率，进而提高人口自然增长率。

## 基金项目

上海工程技术大学研究生科研创新项目(20KY0324)。

## 参考文献

- [1] 方海, 杨珂. 中国人口质量与可持续发展[J]. 中国人口科学, 1998(5): 44-46.
- [2] 吴燕生. 基于系统工程方法论的企业发展战略[J]. 中外企业文化, 2019, 601(11): 7-17.
- [3] 李树苗, 刘晓兵. 系统工程在人口研究中的应用[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2006(3): 55-62.
- [4] 北京兰瑞环球投资管理咨询有限公司. 人口问题: 中国现状, 国外经验与对策建议[J]. 发展研究, 2018(9): 37-47.
- [5] 刘子靖. 我国人口自然增长率的影响因素分析——基于计量经济学软件 STATA13.0 的相关数据分析[J]. 农村经济与科技, 2016, 27(13): 46-49.
- [6] 徐祥运, 张童阔, 蒋舒雨. 中国计划生育政策演变的社会学分析[J]. 青岛科技大学学报(社会科学版), 2016, 32(3): 100-105.
- [7] 王梅玲. 经济的发展与人口增长——基于 31 个省市的面板数据分析[J]. 时代金融, 2010(11X): 43-44.