

基于数学建模的人口结构与经济发展研究

刘升学,廖桑^①

(南华大学 经济管理学院,湖南 衡阳 421001)

[摘要] 文章通过梳理我国第六次人口普查的相关数据,建立了人口总量增长、未来老龄人口和劳动人口三个预测模型,通过SPSS软件拟合人口出生率和死亡率的发展曲线,及劳动和老龄人口历年增长率的曲线方程,得到预测未来人口总量、老龄人口和劳动人口所占比例发展趋势。预计在2026年我国人口总量达到峰值(142010万人),这与国家人口战略研究报告中预测的数据接近。根据计算的结果,结合修正的道格拉斯模型,讨论了人口结构的变化对经济发展的影响。

[关键词] 人口预测模型; 老龄化; 劳动人口; 经济发展

[中图分类号] C924.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2016)03-0046-05

中国作为拥有世界五分之一人口的大国,人口问题一直是制约我国经济发展的重要因素。近些年来,虽然我国已经进入低生育率国家的行列,但出现了人口结构的新变化,例如人口的老龄化、劳动力人口数、不均衡的男女性别比等,正在影响着中国人口未来的发展趋势,影响着中国经济的可持续协调发展^[1]。因此,依据中国人口目前的发展特点,对中国人口增长以及人口组成结构的预测与分析,对社会经济的长远稳健发展具有指导性的意义。

通过梳理我国第六次人口普查的数据以及从2004年到2008年的相关人口数据,借助《中国人口统计年鉴》,在不考虑流动人口对人口结构的影响、假设国家计划生育政策稳定的条件下,建立我国人口总量增长、未来老龄人口和劳动人口的预测模型。通过SPSS拟合人口出生率和死亡率的发展曲线,及劳动、老龄人口增长率的曲线方程,预测未来人口总量、老龄人口和劳动人口所占比例发展趋势。

一 模型的建立

(一) 我国人口总量的预测模型

人口的出生率和死亡率是影响人口数量变化的主要因素。分析相关人口数量预测模型时,我们发现Logistic阻滞增长模型在预期近期数据时与实际相符,在远期预测时,与实际数据偏差较大,使用上具有一定的局限性^[2]。通过对历年统计数据的处

理,我们提出了如下全国人口离散数学模型:

$$N(t+1) = N(t)[1 + b(t) - d(t)] \quad (1)$$

其中 $N(t+1)$ 表示第 $t+1$ 年的全国人口总数, $N(t)$ 表示 t 年的全国人口总数, $b(t)$ 、 $d(t)$ 分别表示 t 年人口出生率与死亡率。利用已有的数据借助SPSS软件拟合一个优化函数,然后利用这个函数预测未来人口的数据。

(二) 劳动人口所占比例模型

根据中国统计局统计年鉴网,依据不同年龄将人口划分为三个部分,即:0-14岁,15-64岁和65岁以上。65岁以上的被认为老龄人口,15-64岁的被认为劳动人口。我国劳动人口所占比例可表示为:

$$\mu = L(t)/N(t) * 100 \quad (2)$$

其中, μ 是劳动人口占全国人口的比例,是 $L(t)$ 年 t 年龄在15-64周岁之间的人口数量。利用数学建模知识容易得到劳动人口数量方程为:

$$L(t+1) = L(t)[1 + r(t)] \quad (3)$$

其中 $r(t)$ 是 t 年劳动人口数量的增长速率。

(三) 老龄人口所占比例模型

老龄人口所占比例的方程有如下表达式:

$$\tau = E(t)/N(t) * 100 \quad (4)$$

其中 $E(t)$ 是 t 年老龄人口数量。

老龄人口数量的增量 $E_z(t)$ 有以下函数关系:

$$E_z = E(t) * e(t) \quad (5)$$

[收稿日期] 2016-02-25

[基金项目] 湖南省社科基金重大项目“国家级承接产业转移示范区建设背景下湘南三市产业协同发展与区域合作研究”资助(编号:122DA13)

[作者简介] 刘升学(1963-),男,湖南衡阳人,南华大学经济管理学院教授,博士。

^①南华大学经济管理学院学生。

其中 $e(t)$ 是 t 年劳动人口数量的增长速率。

根据以上模型, 只要将出生率、死亡率、劳动人口增长率和老龄人口增长率通过现有的数据进行拟合, 得到曲线方程, 即可对将来的人口数量, 劳动人口所占比例以及老龄人口所占比例进行预测。

二 模型的求解与预测

根据以上所建立的预测模型, 结合《中国人口统计年鉴》中提供的数据, 再通过 SPSS 编程及最优拟合方法, 实现预测中国出生率和死亡率的变化情况, 以便于进行未来人口发展的预测。在具体的操作过程中, 我们对出生率和死亡率的拟合采取一定的优化方法, 即选择离预测点最近的数据为基础数

据, 舍弃离要预测的最远的那一年的数据。比如要预测 2012 年的人口总数, 我们选取 2007 到 2011 年的出生率和增长率进行拟合, 得到曲线方程; 在预计 2013 年的人口总数时, 则舍弃离 2013 年最远的 2007 年的统计数据, 用 2008 年到 2011 年和 2012 年的预测数据进行预测。如此不断改变所得的拟合曲线方程, 提高了预测的精度。

(一) 人口总量的预测模型的求解与预测

在模型(1)中代入 2004 年到 2008 年的数据, 通过 SPSS 编程及最优拟合, 可以求出 2009 到 2013 年的出生率和死亡率的预测数据。所得结果与实际数据对比如表 1 所示。

表 1 2009-2013 年出生率、死亡率预测数据与实际数据

年份	预测出生率‰	实际出生率‰	绝对误差‰	死亡率‰	实际死亡率‰	绝对误差‰
2009	11.95	11.95	0	7.079	7.08	0.14
2010	11.90	11.90	0	7.114	7.11	0.56
2011	11.94	11.93	0.84	7.135	7.14	0.7
2012	12.14	12.01	3.31	7.1497	7.15	0.04
2013	12.19	12.08	9.11	7.161	7.16	0.14

对以上的预测出来的结果和统计年鉴上所给的统计结果进行对比, 发现结果基本一致。这说明此模型可以对我国近几年的人口发展情况进行大概预测。

对于结果的预测我们采用了 2008 年到 2012 年的数据进行预测, 通过对我国未来 27 年的人口变化情况进行预测, 结果如图 1 所示。

根据《国家人口发展战略研究报告》预测, 我国总人口将于 2010 年、2020 年分别达到 13.6 亿人和 14.5 亿人, 2033 年前后达到峰值 15 亿人左右。而从图 1 可看出我国人口在 2026 年左右达到峰值, 人口数大约在 14.2 亿, 虽然提前, 但总体上与我国的基本国情和当前人口发展的情况是符合的。

根据建立的模型, 我们对人口的预测是从出生率和死亡率着手, 预测两者的变化, 从而得到人口数量的变化。从图 2 中可以看出, 在 2026 年所预测的中国人口的出生率和死亡率近似相等, 在 2026 年之前出生率大于死亡率而导致人口增长, 反之, 在之后预测的十几年中, 人口数降低, 但随后出生率有回升的趋势。

(二) 劳动人口所占比例模型的求解与预测

对于劳动人口所占比例的预测, 需要知道劳动人口数量的发展情况, 结合模型(1)所得的总人口数量进行预测劳动人口所占比例的发展。查阅《中国人口统计年鉴》, 其中只给出了分地区人口年龄

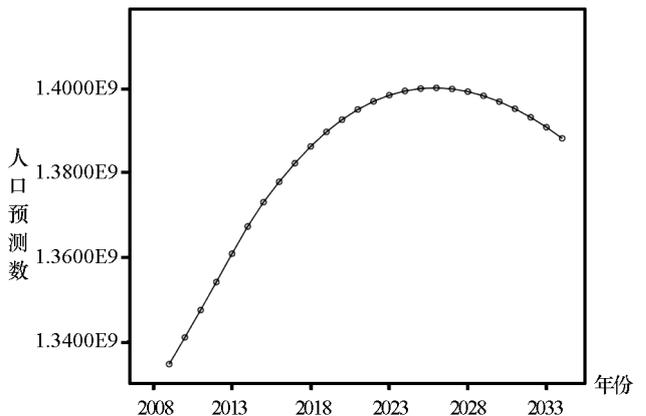


图 1 2008 年~2034 年我国人口预测曲线

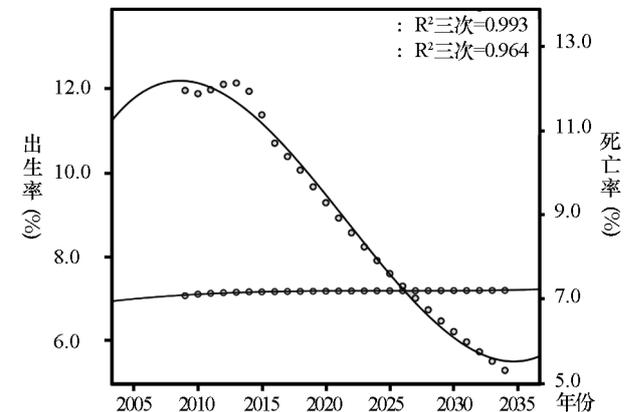


图 2 人口出生率和死亡率比重预测图

构成和抚养比。通过对所查得的数据进行处理得到我国从2004年到2013年劳动人口数量、劳动人口所占比例的详细数据。在模型(2)中代入2004年到2008年的数据,求出2009到2013年的劳动人口

数量和劳动人口所占比例的预测数据。统计的实际数据与预测结果如表2所示。我们发现,预测出来的结果和统计年鉴上所给的统计结果基本一致。

表2 2004—2013年劳动人口所占比例统计与预测表

年份	年末人口总数 (万人)	劳动人口总数 (万人)	预测劳动人口 数量(万人)	劳动人口 所占比例%	预测劳动人口 所占比例%	劳动人口数 增长率%
2004	129988	92184		70.92		13.28
2005	130756	94197		72.04		21.84
2006	131448	95068		72.32		9.9247
2007	132129	95833		72.53		8.047
2008	132802	96680		73.8		8.838
2009	133450	97484	98170.72	74.05	73.564	8.316
2010	134091	99938	99440.2	74.53	74.162	25.17
2011	134735	100283	100220.1	74.73	74.384	3.452
2012	135404	100403	100507.5	74.15	74.23	1.197
2013	136072	100582	100285.7	73.92	73.7	1.783

为了比较直接的描述劳动力人口的变化趋势,我们采用劳动力人口占总人口的百分比进行分析,根据模型求解和拟合,我们可以得到如图3所示的劳动力人口比例预测趋势图。

从图3中可以看出,在短期内,中国的劳动力人口比例会出现显著的下降,而劳动力人口下降的主要原因是出生率下降导致新增劳动力减少与老年人口的增加。当老龄化进程趋于稳定时,劳动力人口的变化会围绕某一个值缓慢波动,平稳发展。根据《国家人口发展战略研究报告》预测可知,我国15-

64岁的劳动年龄人口2000年为8.6亿人,2014年将达到高峰10.1亿人(与我们预测的结果比较吻合),比发达国家劳动年龄人口的总和还要多^[3](如图4)。由此可以看出,在相当一段时期内,中国不会缺少劳动力,但考虑到素质、技能等因素,劳动力结构性短缺还将长期存在。同时,人口与资源、环境的矛盾越来越突出。

劳动力人口比重高时,这种人口年龄结构最富生产性,同时人口的抚养负担轻,社会的储蓄率高,有利于经济增长。这就是我们所说的人口红利期。

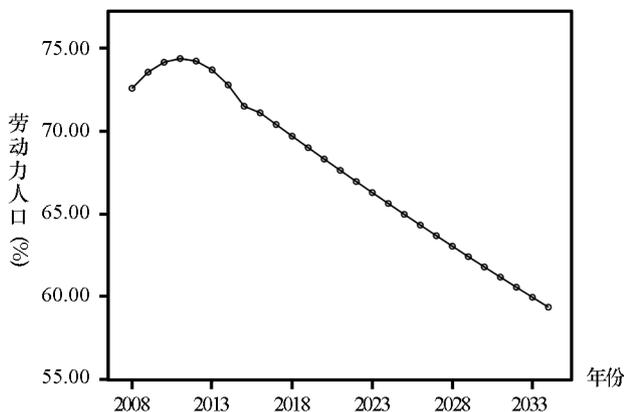


图3 劳动力人口比例预测图

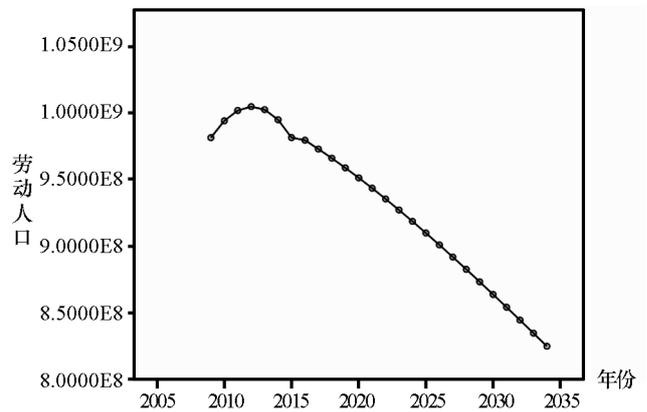


图4 劳动力人口预测图

(三) 老龄人口所占比例模型的求解与预测
根据《中国人口统计年鉴》的数据,将年龄大于

65周岁的人进行统计,得到我国从2004年到2013年老龄人口数量、老龄人口所占比例的详细数据。

在模型(3)中代入2004年到2008年的数据, 求出2009到2013年的老龄人口数量和老龄人口所占比例的预测数据。所得结果如表3所示, 通过对比预测值和实际值, 发现误差很小, 与实际值吻合度高。

根据所预测期间的老年人口在总人口中所占的比例(如图5), 可知中国的人口老龄化程度一直在加剧, 老年人口增加。促使人口老龄化加剧的直接原因是出生率和死亡率。根据图2可知, 死亡率维持在一个相对稳定的状态, 因此影响老龄化的主要是出生率的降低。当老龄化程度加剧时, 能够进行调控的是合

理的生育政策(如单独政策、二孩政策)。

由中国统计年鉴所给数据, 我们统计了从2004年到2013年的生育率数据(如图6)。从图6中可以看出, 虽然生育率在一定的范围内波动, 但总体数值略有减小, 这说明, 严格控制生育政策实施30多年来, 中国的生育观念已发生极大改变。社会现代化的进程中, 生育率下降是普遍现象^[4], 在可预见的将来, 中国社会的持续发展会进一步挤压生育率。随着我国人口老龄化趋势不断加剧, 人口的“结构性红利”优势正在消退。

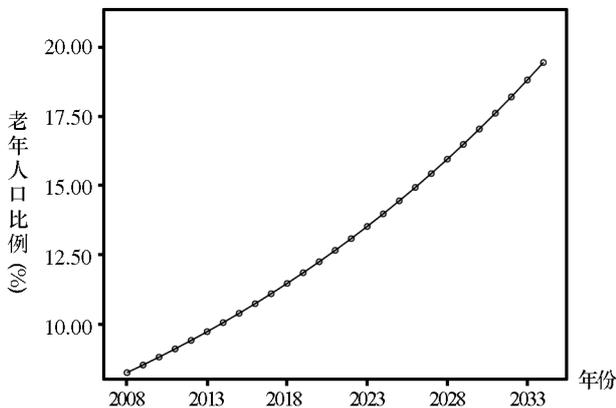


图5 老年人口比例、预测图

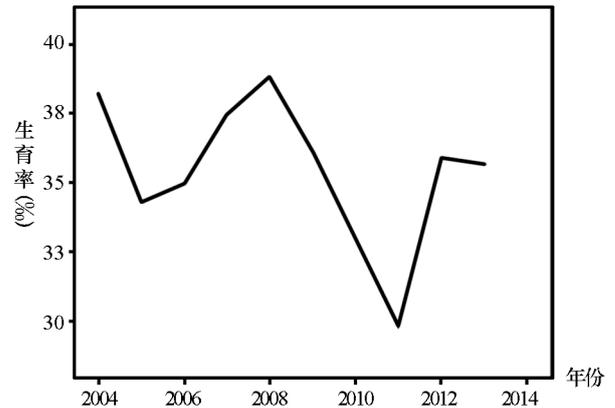


图6 生育率变化曲线图

表3 2004—2013年老龄人口所占比例统计表

年份	年末人口总数 (万人)	老龄人口总数 (万人)	预测老龄人口 总数(万人)	老龄人口所占 比例%	预测老龄人口 所占比例%	老龄人口数 增长率%
2004	129988	9857		7.583		17.02
2005	130756	10055		7.69		20.09
2006	131448	10419		7.926		36.2
2007	132129	10636		8.05		20.83
2008	132802	10956		8.25		30.09
2009	133450	11307	11367.27	8.473	8.51804	32.04
2010	134091	11894	11804.62	8.87	8.803825	51.91
2011	134735	12288	12259.66	9.12	9.099198	33.13
2012	135404	12714	12733.68	9.39	9.404481	34.67
2013	136072	13161	13226.29	9.672	9.720006	35.16

三 人口结构对经济增长的影响

改革开放以来, 中国经济连续30多年高速增长(如图7), 取得了举世瞩目的成就^[5]。根据《中国统计年鉴》的数据, 我们也作出了1980—2014年人口自然增长率(如图8)。

1980年至2014年30多年间, 国内生产总值年均增长约10%, 远远高于同期世界3.0%左右的增

速。未来如何保持快速稳健增长取决于很多因素。从中国人口结构方面看, 进入21世纪以来, 我国人口老龄化速度在加快(见表3), 人口自然增长率在快速下降(见图8), 过去经济增长所依赖的廉价劳动力资源优势开始减弱, 人口结构的“红利”正在逐渐消失。中国人口结构与经济增长存在着密不可分的内在关系, 人口既能作为生产要素投入直接作用于经济增长, 也能通过人口内部结构的变化间接作

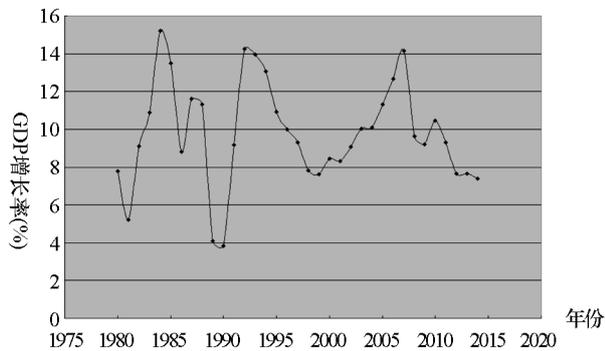


图7 1980—2014年GDP增长率

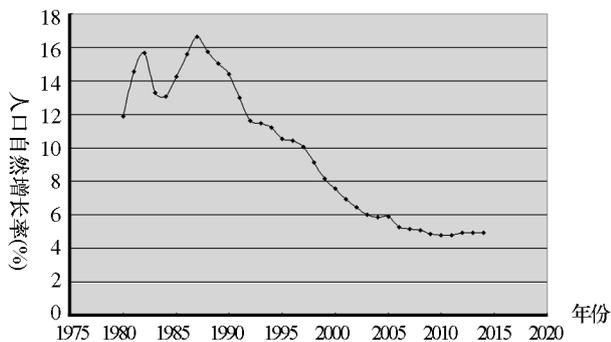


图8 1980—2014年人口自然增长率

用于经济增长,其作用可能是正相关性,也可能是负相关性。我们知道,根据柯布-道格拉斯模型,经济发展总量 $Q(t)$ 主要依赖于投入的资金 $K(t)$, 劳动力投入的质量 $L(t)$, 没有考虑科学技术的水平 $A(t)$ 在经济增长中的作用^[6]。由于当今科技飞速发展、我国经济改革所取得的成效与国际经济环境的随机干扰的不可预测性,我们提出下列经济模型:

$$Q(t) = Q_0 K^\alpha(t) L^\beta(t) A^\gamma(t) - rW(t) \quad (6)$$

其中 Q_0 为初始值, $W(t)$ 为随机干扰项, 参数满足 $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1, 0 \leq r \leq 1$ 。根据随机发展方程及相关数据分析, 作回归分析, 分段拟合, 可以找出其较好的函数关系。从模型(6)中, 我们不难发现, 从我国现在人口结构分析来看, 要促进经济快速稳健增长, 一是要加大国有资金与民间资金投入; 二是要适度改变生育政策、加大教育投入、扩大就业、适度延长退休年龄, 提高劳动力人口参与率和投入的质量; 三是在现代科技日新月异、全国兴起的“大众创业、万众创新”形势下, 提高我国的科技创新能力, 提高科技在国民经济发展中的含金量; 四是加快户籍制度改革, 促进劳动力自由迁徙和流动, 逐步实现外来务工人员人口“市民化”; 五是构建健康的老年人生活方式, 积极加快发展老龄产业。

[参考文献]

- [1] 赵静. 劳动年龄人口负增长下的变化与挑战[J]. 统计科学与实践, 2014(11): 22-24.
- [2] 杨丽清. 中国人口结构与经济增长关系的协整模型研析[J]. 时代金融, 2013(11): 374-376.
- [3] 徐晓飞. 人口老龄化与经济增长的关系检验[J]. 东北财经大学学报, 2013(2): 87-92.
- [4] 刘琳琳. 我国人口的增长现状及影响因素分析[J]. 宏观经济, 2015(2): 11-12.
- [5] 张鹏. 中国人口年龄结构转变对经济增长的影响研究[D]. 天津: 南开大学博士学位论文, 2013: 45-69.
- [6] 曲丹. 人口老龄化影响经济增长的实证研究[J]. 东北师大学报: 哲学社会科学版, 2015(3): 63-66.

The Research on Population Structure and Economic Development

LIU Sheng-xue, LIAO Sang

(University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: In this paper, by analyzing China's sixth census and related data, the prediction model about growth of total population, future aging population and labor population are established. In addition, we fit the development curve of birth and death rate and the curve equation with the annual growth rate of labor and aging population by SPSS, and we get the percentage development trend, which predicts the future total population, aging population and labor population. Through the above model, we predict the total population will reach to the peak (1420.1 million) in 2026, which is close to the data predicted in national research report about population strategy. According to the above results and combined with Douglas model, we discussed the influence of demographic change on economic development.

Key words: population structure; aging; the workforce; economic growth