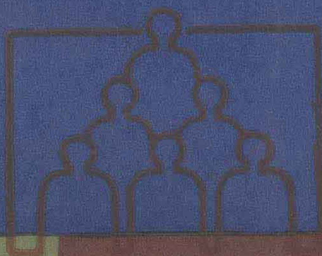
区域人口预测

虞沈冠　编著



南京大学出版社

区域人口预测

虞沈冠 编著

南京大学出版社

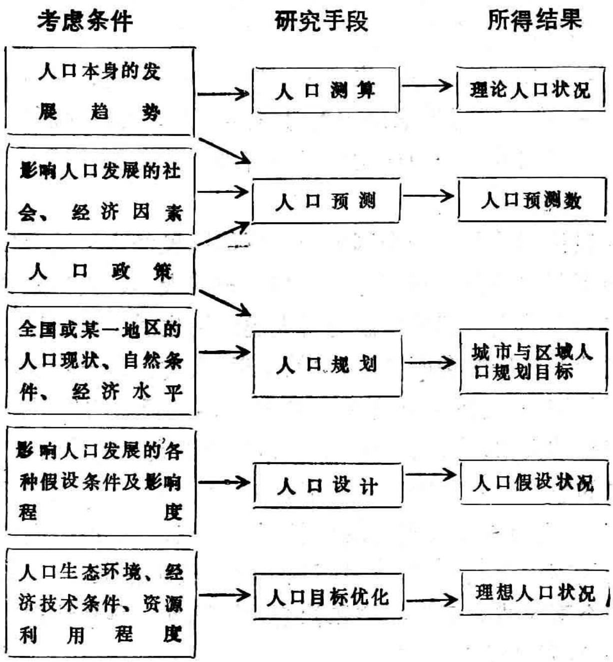
1991·南京

区 域 人 口 预 测
虞沈冠 编著
*
南京大学出版社出版发行
（南京大学校内）
江苏扬中印刷厂印刷
*
开本 850×1168 1/32 印张 6.5 字数 160 千
1991 年 6 月第 1 版 1991 年 6 月第 1 次印刷
印数 1—1000
ISBN 7-305-01128-2/C·35
定价5.00元

绪　　言

人口预测是从一个国家或地区的现有人口状况出发，考虑到社会经济条件和人口政策对人口发展趋势的影响，用预测的方法对未来某一时期内的人口状况作出科学的推断。

人口预测与人口测算、人口设计、人口规划和人口优化之间的联系与区别可用下列图式来表示：



由上图可知，人口测算不同于人口预测。人口测算不考虑社会、经济及政策等诸因素对人口发展的影响，它仅从人口本身的发展规律出发，推导出理论人口状况。人口设计是人们作出种种假设，并计算出人口在这些假设条件下的发展趋势。而人口规划是根据国家或某一地区的自然条件、经济水平及人口现状，来确定未来某一时期的人口目标，如我国提出到本世纪末把人口控制在12亿左右，就是国家人口规划的具体目标；同样，根据这一目标，江苏省人口控制在7千万左右，便是人口区域规划的具体目标。而人口目标优化则是根据目前的生产、资源、技术、人口、社会、环境等条件，用数学规划方法来研究理想人口状况（即是说人口规模以怎样发展为好，人口目标以多少规模为宜）。虽然上述各种人口研究手段方法各异，且考虑因素、指导思想和所得结论大相径庭，但是它们各具特点，各有所长，并相互补充，相互印证。

人口预测是人口学和未来学研究的重要方面，它通过科学的预测方法，向人们提供准确的人口信息，预告人口发展的趋势，这对于编制国家或某个地区的国民经济与社会发展计划，具有十分重要的意义。

人口指标是制订一个国家或地区的国民经济与社会发展计划的一项不可缺少的先行指标。人口规模的大小、人口结构的比例及人口移动的数量和频率制约着人类经济生活的整个过程，影响着人类社会环境的全面变化，也就是说，人类作为一个积极的因素加入到经济-社会系统，并在其中起着举足轻重的作用。当今世界上存在的人口、资源、能源、粮食和环境五大问题，其核心问题便是人口的急剧增长问题。对我国来说，同样存在着比较严重的人口问题，总人口与生产资料的增长不相适应，劳动适龄人口同生产资料增长不相适应，人口质量同现代化建设不相适应。因此，对于搞好一个国家或地区的经济和社会发展计划，科学地进行人口预测，是一项首要的前期工作。

人口预测对于城市规划和区域规划来说，也是一个极其重要的先决条件和重要依据。一般说来，城市与区域规划的指导思想就是力图把人口、资源、环境协调起来，通过合理的工业布局、农业布局和交通运输布局等手段，形成科学的人口城镇体系、国民经济体系和社会服务体系，以达到最佳的社会、经济和生态效益。而人口和劳动力的发展趋势，是进行城市规划和区域规划的基础资料和依据条件，特别是人口的年龄性别构成、行业职业构成、文化程度构成以及民族构成等项的预测，对城市与区域规划来说更有直接的意义。同时，由于城市与区域人口规划又是城市与区域规划的一项重要内容，是城市与区域规划大系统中的一个子系统。因此，从科学的人口预测出发，进行区域国民经济和社会发展规划，又落实到区域人口规划上来，这就是说，人口预测重要地位更为突出了。

在进行区域人口规划时，城乡人口分布、城镇体系布局、城市化趋势以及人口迁移和流动都是十分重要的内容，这就需要进行城乡人口预测和人口地区分布预测，并以此作为背景条件和重要依据，来进行人口规划布局。当前尤其重要的是对人口迁移与城市化、劳动力的结构与素质和农村劳动力的转移等的专题研究，这已成为区域人口规划的新课题，也为人口预测开辟了新的领域。本书在编写过程中，同时吸收了上述新鲜的内容。

跟城市与区域规划一样，人口规划也有短期、中期和长期之分，相应地，人口预测也划分为短期预测（5 年左右）、中期预测（20年左右）和长期预测（100年左右）。显然，人口预测的时期要比城市与区域人口规划长得多。这是因为城市与区域规划着眼于最近几十年的发展前景，它受自然、资源、经济、技术等因素变化较大，而人口预测侧重于人口本身的发展规律，且人口发展周期较长，有一定的惯性作用，所以人口预测的时期可以比城市与区域人口规划更长些。

人口预测工作包含了三大要素：①预测所依据的数学模型，②推算时所使用的具体参数值，③为了不同目的而选用的不同预测方案。

人口预测的模型有离散模型和连续模型二大类。通常，用连续模型来讨论问题时，可以得到理论性的结果，可以总结出一些规律性的东西，这在战略上具有特别重要的意义。但是离散模型特别适用于计算机，因而，我们通常采用离散模型。目前，我们已从理论上解决了从离散模型推测到连续模型，又从连续模型推测到离散模型完全一致的问题了。

人口预测的方法有静态法和动态法之分，人口增长方程、人口平衡方程及年龄移算法属于静态法，而动态法使用的数学模型有确定型模型和随机模型之分。一般说来，进行区域性人口预测时，随机模型有更加广泛的意义。相比起来，母本越大，噪音越小，反之母本越小，噪音越大。在区域人口预测时，如果不考虑随机因素，得出的数据可能与实际偏差太大。

人口预测的参数又分为定产与时变。参数随时间的变化而变化的，为时变的；不随时间变化的为定产的。客观上来讲，参数总是时变的，特别对100年左右的长期预测来说，生育模式、死亡模式变动是很大的，但是也不能否定定产的意义。我们往往规定某一参数在各段时期之内为定产的，而各段时间之间则为时变的。由于定产在处理时方法较简单，且很快地容易地找出规律性的问题，对实际工作有指导作用，因而在预测中运用较广。

人口预测有一定的假定性。由于预测的前提条件可能有多个，因而预测方案也可以有多种，最后的预测结果也可以有多个。通常按变量值的高低分为高方案、中方案、低方案和不变方案预测四种。在预测过程中，稳定人口理论（即假设出生率与死亡率基本稳定，人口自然增长保持一个稳定的速度）是一个重要的前提条件。生命表为稳定人口提供了年龄结构，利用生命表，我们就可以进行

人口年龄性别结构测算。如果前提条件不足，或者对影响人口变量的参数条件考虑不足，都会直接影响到预测的可靠性。所以，检验人口预测的可靠性，实际上也就是检验前提条件的可靠性。

对我国来说，预测还有自然预测和带控制的预测。由于我国的控制端比外国多，而且强有力得多，同时，控制的渠道也十分多，我国的人口预测是在紧密结合全国性的有组织有领导的计划生育工作来进行的，它既用来预测计划生育将给人口发展带来什么结果，而且也可以为决策部门提供当前应采取什么措施、达到什么目标的科学依据。因而国外那种自然预测的方法在我国并不能完全适用，必须根据我国的实际情况来进行预测。

本书吸取了西方通用的各种人口预测方法，特别是联合国建议推广使用的方法，同时结合我国的实际情况，选用了我国人口学家最新的方法和成果。本书可作为大专院校人口学、地理学、经济学、规划学、统计学、社会学、医疗卫生及计划生育等专业的教学用书和这些专业研究工作者的参考用书。

由于水平有限，缺点错误在所难免，望读者批评指正，以便进一步修改。

编者

1991.2.

目　　录

第一编　人口预测方法及其分类

第一章　数学方法（统计法）

第一节　人口增长方程

人口预测的数学方法是假设总人口的变化规律符合一定的数学公式，于是可以从现状人口数按数学公式推出未来的人口数。常用的数学表达式有：

（一）线性函数（Linear function）：

$$P_t = P_0(1 + rt) \qquad (r\text{为年增长率})$$

（二）几何增长函数（Geometral growth function）：

$$P_t = P_0(1 + r)^t$$

（三）指数增长函数（Exponential growth function）：

$$P_t = P_0 \cdot e^{rt} \qquad (e \approx 2.71828)$$

（四）修正指数函数（Modified exponential function)：

$$P_t = a + bc^t$$

（五）逻辑斯蒂曲线（Logistic curve）：

$$P_t = \frac{K}{1 - e^{a+bt}}$$

（六）刚培兹曲线（Gompertz curve）：

$$P_t = a \cdot b^{c^t} \qquad (\text{或} P_t = K \cdot a^{b^t})$$

（七）双曲线（Hyperbolic function）：

$$P_t=\frac{K}{t_e-t} \qquad (t_e>t)$$

（八）n次方程（Polynomial of degree n）：

$$P_t=a_0+a_1t+a_2t^2+\cdots+a_nt^n$$

除外，还有：

（九）玛克汉曲线（Makeham curve）：

$$P_t=\lg(a+bc^t)$$

（十）自回归方程（Autoregressive series）：

$$P_t=a_1P_{(t-1)}+a_2P_{(t-2)}+\cdots+a_nP_{(t-n)}$$

式中，P_0为起始年人口，即基年人口，P_t为t年人口，t为时间，a，b，c，r，a_i，K等均为系数。

第二节 人口增长方程的应用实例

现以印度人口普查资料为例来进行预测，已知：

年 份	印度人口数
1921	251,321,213
1931	278,977,238
1941	318,660,580
1951	361,088,090
1961	439,234,771
1971	548,159,652

试预测1981，1991年印度人口数。

（一）线性方程 $P_t=P_0(1+rt)$

$P_{1971}=548,159,652$， $P_{1961}=439,234,771$

$$r=\frac{P_t-P_0}{P_0t}=\frac{548,159,652-439,234,771}{439,234,771\times10}=0.0247$$

$$P_{1981}=P_{1971}(1+10r)=548,159,652(1+10\times0.0247)$$
$$=683,555,086$$
$$P_{1991}=P_{1981}(1+10r)=683,555,086\times1.247$$
$$=852,393,192$$

（二）几何增长方程 $P_t=P_0(1+r)^t$

化成：
$$(1+r)^t=\frac{P_t}{P_0}$$
$$\lg(1+r)=\frac{1}{t}\lg\frac{P_t}{P_0}$$

代入此式：
$$r=\mathrm{antilg}\left(\frac{1}{10}\lg\frac{548,159,652}{439,234,771}\right)-1$$
$$=0.0224$$

这样，
$$P_{1981}=P_{1971}\times(1+r)^{10}=548,159,652\times(1.0224)^{10}$$
$$=684,103,246$$
$$P_{1991}=P_{1981}\times(1+r)^{10}=684,103,246\times1.2480$$
$$=853,760,851$$

（三）指数增长方程
$$P_t=P_0e^{rt}\qquad\frac{P_t}{P_0}=e^{t}$$
$$r=\frac{1}{10}(\lg1.2480)\times\frac{1}{0.4343}$$
$$=0.02215$$
$$P_{1981}=P_{1971}\cdot e^{10\cdot r}=548,159,652\times e^{0.02215\times10}$$
$$=684,075,838$$
$$P_{1991}=P_{1981}\cdot e^{10r}=684,075,838\times1.24295$$
$$=853,692,442$$

（四）修正指数曲线

$P_t = a + bc^t$（其中 a， b， c 是待定系数）

原始资料⟶　　　　求和　　　　⟶求差

1921	251,321,213 ↘	$S_1 = 530,298,451$	
1931	278,977,238 ↗		↘ ↗ $d_1 = \cdots$
1941	318,660,580 ↘	$S_2 = 679,748,670$	
1951	361,088,090 ↗		↘ ↗ $d_2 = \cdots$
1961	439,234,771 ↘	$S_3 = 987,394,423$	
1971	548,159,652 ↗		

求差　　　　　　　　⟶求商

$$d_1 = S_2 - S_1 = 149,450,219 \searrow$$
$$d_2 = S_3 - S_2 = 307,645,753 \nearrow \quad c^m = \frac{d_2}{d_1}$$

$$c^m = \frac{d_2}{d_1}$$

$$m = \frac{n}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{（} n \text{ 为资料组数）}$$

$$c = \operatorname{antilg}\frac{1}{m}\lg\frac{d_2}{d_1}$$
$$= \operatorname{antilg}0.156775 = 1.43474$$

$$ma = S_1 - \frac{d_1}{c^m - 1} = 530,298,451 - \frac{149,450,219}{2.0585 - 1}$$
$$= 389,107,880$$

$$a = \frac{1}{2} \times 389,107,880 = 194,553,940$$

$$b = \frac{d_1(c-1)}{(c^m - 1)^2}$$

$$= \frac{149,450,219(1.43474 - 1)}{(2.0585 - 1)^2}$$

$$= 57,988,957.8980$$

则把 a，b，c 代入此修正指数曲线方程：

$$P_t = 194,553,940 + (57,988,957.8980) \times (1.43474)^t$$

如果预测 1981 年印度人口我们可以得到：

$$t = \frac{1981 - 1921}{10} = 6$$

故：

$$P_{1981} = 194,553,940 + (57,988,957.8980) \times (1.43474)^t$$
$$= 194,553,940, + 505,820,284 = 700,374,224$$

如果要预测1991年印度人口数，则 $t = \dfrac{1991 - 1921}{10} = 7$

$$P_{1991} = 194,553,940 + (57,988,957.8980) \times (1.43474)^7$$
$$= 920,227,759$$

（五）逻辑斯蒂曲线

$$P_t = \frac{K}{1 - e^{a+bt}}$$

则

$$\frac{1}{P_t} = \frac{1 - e^{a+bt}}{K} = \frac{1}{K} - \frac{e^a}{K} \cdot e^{bt}$$
$$Y_t = A + BC^t$$

这里

$$Y_t = \frac{1}{P_t}, A = \frac{1}{K}, B = \frac{-e^a}{K}, C = e^b$$

$$Y_{1921} = \frac{1}{P_{1921}} = \frac{1}{251,321,213} = 0.397897 \times 10^{-8}$$

$$Y_{1931} = \frac{1}{P_{1931}} = \frac{1}{278,977,238} = 0.358452 \times 10^{-8}$$

$$Y_{1941} = \frac{1}{P_{1941}} = \frac{1}{318,660,580} = 0.313813 \times 10^{-8}$$

$$Y_{1951} = \frac{1}{P_{1951}} = \frac{1}{361,088,090} = 0.276941 \times 10^{-8}$$

$$Y_{1961}=\frac{1}{P_{1961}}=\frac{1}{439,234,771}=0.227669\times10^{-8}$$

$$Y_{1971}=\frac{1}{P_{1971}}=\frac{1}{548,159,652}=0.182429\times10^{-8}$$

此时：$m=2$，$\begin{cases}S_1=0.756349\times10^{-8}\\S_2=0.590754\times10^{-8}\\S_3=0.410098\times10^{-8}\end{cases}\begin{cases}d_1=-0.165595\times10^{-8}\\d_2=-0.180656\times10^{-8}\end{cases}$

$$\begin{cases}C^m=\dfrac{d_2}{d_1}\Rightarrow C^2=1.090951\Rightarrow C=1.044486\\[2ex] mA=S_1-\dfrac{d_1}{c^m-1}\Rightarrow 2A=0.756349\times10^{-8}-\\ \qquad -\dfrac{-0.165595\times10^{-8}}{1.090951}\\ \qquad =2.577055\times10^{-8}\\ \qquad \Rightarrow A=1.288527\times10^{-8}\\[2ex] B=\dfrac{d_1(c-1)}{(c^m-1)^2}\Rightarrow B=\dfrac{(-0.165595\times10^{-8})\times(1.044486-1)}{(1.090951-1)^2}\end{cases}$$

$$=-0.890545\times10^{-8}$$

这时，逻辑斯蒂曲线的参数值 a，b，K可以由修正指数方程参数值A，B，C求得：

这是因为：

$$\begin{cases}K=\dfrac{1}{A}\\[2ex] a=\dfrac{\log_{10}(-B\cdot K)}{\log_{10}c}\\[2ex] b=\dfrac{\log_{10}C}{\log_{10}e}\end{cases}\qquad\qquad \begin{cases}A=\dfrac{1}{K}\\[2ex] B=\dfrac{-e^a}{K}\Rightarrow -e^a=BK\\ \Rightarrow e^a=-BK\\[2ex] C=e^b\Rightarrow b=\dfrac{\log_{10}C}{\log_{10}e}\end{cases}$$