

## 自然生育状态下 人口出生率与婴儿死亡率的关系

王振营

人口出生率和婴儿死亡率是人口统计学中重要的指标。它们之间具有怎样的制约关系呢?对于这个问题,一般认为在理论上是清楚的。可是当我们把人口出生率与婴儿死亡率放在一起考察的时候,立即发现它们之间的关系十分微妙,它们之间构成一条很有规律的曲线。这使我们相信在人口出生率与婴儿死亡率关系方面仍有许多值得讨论的问题。

一般认为在人口年龄结构不变的前提下,婴儿死亡率与人口出生率保持正相关关系。即随着婴儿死亡率的升高,人口出生率也将随之上升,借以补偿死亡带来的损失。事实上,这只是一个侧面。我们在研究婴儿死亡率与人口出生率的回归曲线时发现,当婴儿死亡率过高时,出现人口出生率下降趋势。可见,婴儿死亡率与人口出生率之间的关系是复杂多变的。事实上,决定一个人口的出生率变化的因素是非常多的,如年龄结构,前期生育情况等等。但是为了确定两个重要变量的关系,就必须抽掉其它相对次要的因素。

我们在不同地区选出一些有代表性的国家,研究其1945~1970年25年间的死亡、出生情况。我们所以选择这些国家,有一个重要的原因是他们处在自然生育状态。所谓“自然生育状态”是指没有国家政策干预的情况下的生育。当然这是一种理想情况,现实中并不存在这样的国家。但我们认为在国家没有用强制手段干预的情况下的生育便是处在一种近似的自然状态(见表1)。

表1 部分国家1945~1970年人口出生率婴儿死亡率 (%)

指标 \ 年份	1945	1950	1955	1960	1965	1970
人口出生率:						
泰国	25.9	35.2	46.0	34.7	36.4	42.8
日本	23.2	28.2	19.4	17.2	18.6	19.0
菲律宾	15.6	21.9	50.0	29.6	24.6	44.7
埃及	42.7	41.8	40.3	43.0	41.5	34.9
秘鲁	29.2	32.3	35.7	44.5	45.0	41.8
美国	19.5	23.5	24.7	23.7	19.4	18.3
婴儿死亡率:						
泰国	82.2	65.3	56.1	48.9	31.2	25.5
日本	66.9	51.5	38.8	30.7	18.4	13.2
菲律宾	114.7	105.5	84.3	73.1	72.9	60.0
埃及	138.7	128.6	135.7	109.3	113.2	116.3
秘鲁	108.6	104.6	94.8	92.1	74.0	65.1
美国	33.3	28.5	26.4	26.0	24.1	20.0

资料来源:林富德、沈秋骅:《世界人口与经济的发展》,中国人民大学出版社,1980年。

当婴儿死亡率处在较低水平时,人口出生率与死亡率正相关。对于埃及和秘鲁,在1945~1970

我们利用表1资料绘制出回归曲线图(见图1), $m$ 为婴儿死亡率, $b$ 为人口出生率。从上面这些相关图可以分出两类,只有负相关的是一类,同时具有正、负相关的又是一类。前一类国家有埃及和秘鲁,后一类有日本、美国、泰国、菲律宾等。无论是哪一类,都有一个共同的特点,即在高死亡率区间上出现负相关性。

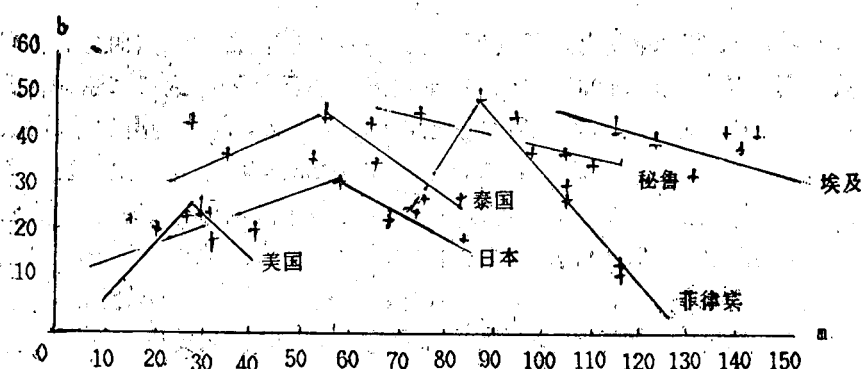


图1 部分国家1945~1970人口出生、婴儿死亡率回归曲线

年间还没有出现婴儿死亡率与人口出生率正相关的现象。这可能是由于在这段时间里，这两个国家一直处在较高的死亡水平上。我们有理由假设，如果它们的婴儿死亡率继续下降，就会出现婴儿死亡率与人口出生率正相关的现象。这一点是被大多数人口现象所证实了的。因此可以这样说，随着死亡率由低到高地变化，它与人口出生率的相关性由正变为负。那么在这两种状态的过渡中，一定存在着临界点。也就是说，当婴儿死亡率在临界点左边时，人口出生率与婴儿死亡率成正相关；当婴儿死亡率在临界点的右边时，人口出生率与婴儿死亡率负相关。为了叙述的方便，我们称这个临界点为死亡率临界点。

唯物辩证法认为，事物的发展变化是一个由量变到质变的过程。当量的变化超过了一定限度，必将引起质的变化。所谓“死亡临界点”正是量变的“限度”。当婴儿死亡率从左边超过死亡率临界时，婴儿死亡率的继续升高便引起人口出生率的下降。即出现“自然抑制”现象。所谓自然抑制现象是婴儿高死亡率所反映的医疗和生活水平恶化背景下人类生育能力自然下降的现象。众所周知，中国50年代末的三年自然灾害期间，人民生活水平极度下降，每一个年龄组的死亡率都非常高，但是人口出生率却很低。这一点我们可以从中国人口年龄构成图上看出来。因此，在人口再生产的过程中，不仅存在着补偿现象，同时存在着自然抑制现象。补偿和抑制犹如出生和死亡，都是人口再生产中的矛盾，矛盾双方的主次地位在矛盾运动中不断交换。

每一个国家在特定的历史时期，存在着一条确定的死亡——出生曲线（即婴儿死亡率与人口出生率之间构成的曲线，下同）。这条曲线是由许多种复杂的因素所决定的。主要的因素是生产力的发展水平，以及与之相适应的生育观念。死亡——出生曲线同死亡临界点存在着一种对应关系，因此影响死亡——出生曲线的因素同样也影响着临界点的位置。事实上，死亡率临界点的位置高低构成了死亡——出生曲线的主要特征。值得提出的是影响临界点位置除了以上的因素外，还有一个很重要的因素，那就是种族因素。不同的种族或民族间存在着不同的生育适应能力。这种能力在不同的种族间往往相差很大，因此常会出现在其它因素相近的情况下临界点的位置不同。例如菲律宾死亡率临界点在85%、泰国在50%、日本在60%、美国在27%等。相比之下，美国明显低于其它国家。出现这个结果，其原因是众多的，但种族因素会更大。

每一条死亡——出生曲线都存在着死亡临界点，而这条曲线的极大值出现在临界点上。因此可以这样说，婴儿死亡率每越过一次临界点，便要出现一个人口出生高峰，我们知道，在两次世界大战中，整个人类蒙受了空前的浩劫，婴儿死亡率迅速升高，越过临界点，致使出现了人口出生的自然抑制现象。二战以后，随着生产和经济的恢复，婴儿死亡率逐渐回到了临界点以内。因此从1945~1970年，世界各国都出现了出生高峰。只是有些国家早一点出现，有些

国家晚一点,有些国家在高峰期上停留的时间长一点,有些停留短一点而已。但都经历了所谓“战后婴儿激增期”。比如美国,1935~1939年平均出生率已经下降到17.2%的低水平,战后从1945~1949年间,年平均出生率回升到24.3%,1950~1954年的平均出生率为24.5%,1955~1959年间的年平均出生率为24.6%;加拿大在1935~1939年间平均出生率已经降到20.4%,1945~1949年间平均出生率回升到27.0%,1950~1954年间的年平均出生率为27.7%,1955~1959年间的平均出生率为27.8%;北欧、西欧、大洋洲等地区发达国家的出生率也如同北美发达国家一样。可以这样说,从1945~1970年,人类经历了数十年的出生高潮期。

社会现象是复杂的,婴儿死亡率的运动也是复杂多变的。人类一直尽量降低死亡率,随着人类不断地努力,各个年龄组上的死亡率都在逐渐地下降,也即死亡率的下降一般是连续的。然而,历史的发展并非一帆风顺,尽管从整个历史上看,社会发展总是向着人类所期望的高层次发展,但是,在一定的历史时期仍然会出现较大的波动。正因为如此,死亡率也会出现大的起伏。而死亡率每一次升高都有特定的历史原因。要么是战争,要么是自然灾害,要么是疾病大流行。而这些事件的发生并非是缓慢的、连续的,而是突然的、爆发式的。因此,死亡率的升高,一般是跳跃式的,即在原来的死亡率水平上突然跳跃到一个很高的高度。这样死亡率的升高,尽管跨过临界点,但由于是跳跃的,不连续的,因此,不能出现人口出生高峰,但它却预示着由于死亡率回归到临界点以内时所产生的人口出生高峰。

由前面的相关图可以看到,在非洲地区以埃及为例,从1945~1970年间死亡——出生曲线的形状非常奇怪,婴儿死亡率与人口出生率一直处在负相关状态。这与非洲地区的历史有关。二次大战以前,由于殖民主义的掠夺,罪恶的奴隶贩卖,整个非洲地区的人口发展一直很缓慢。据估计,1650年非洲人口是1亿,到了1750年,非洲人口不仅没有增加,反而减为9500万。此后又经历了一百年,到1850年,非洲人口仍为9500万。到1950年,非洲人口剧增到21900万,1960年为27300万,1970年为35200万。1650~1750年间非洲人口的平均增长速度为-0.1%,1750~1850年间平均增长速度是零,1850~1950年间平均增长速度为0.8%,1950~1960年是2.2%,1960~1970年是2.5%,1970~1980年是2.9%。从非洲300多年的人口发展历史可以看出,非洲人口是由负增长经历了一个停滞阶段。进入19世纪中叶,人口出现逐渐加速的增长的局面,20世纪中叶,出现高速增长现象。人口增长速度与人口出生率是密切相关的,因此广大非洲地区的婴儿死亡率一直是在死亡率临界点以外徘徊,经过一个缓慢地下降过程,到1850年后逐渐向临界点靠近,1950年后接近临界点位置,因而经历了一个长时期的人口激增过程。诚然,非洲地区一直处在高出生率水平上的因素是多方面的,诸如非洲地区的民族解放运动的蓬勃发展,使非洲大陆的多数国家摆脱了殖民统治,人民从非人地奴役中解放出来了,经济条件逐渐好转,生活水平的不断提高,医疗条件的改善使死亡率不断下降,以及刺激高出生率的人口政策都是构成非洲人口现状的重要原因。但是社会科学的任务并不仅是把影响事物发展变化的原因一一罗列出来,更重要的是把不同的原因抽象出来,分析其与结果的密切程度并以怎样的方式影响着事物的发展。因此有必要从影响人口出生率的众多因素里抽象出婴儿死亡率这一因素,发现其制约人口出生率的规律。我们发现,在非洲地区死亡——出生曲线的弹性很大,随着医疗条件的改善和生活水平的提高,婴儿死亡率将会下降,预示人口出生率还会出现猛增势头。

在欧洲和北美洲以及亚洲的发达地区,婴儿死亡率在50年代中期大都回到了临界点以内。这些地区基本上处于低死亡所决定的低出生率的良性循环状态。在18、19世纪,资本主义进

入原始积累时期，人口与经济构成了正反馈的耦合系统。经济的增长刺激人口的增长，人口的增长反过来促进经济的进一步发展。注意到经济的发展与婴儿死亡率的反比关系，就会看到上面的现象正是婴儿死亡率从临界点外回归到临界点以内所引起的；越过临界点以后，死亡率继续降低，人口出生率也随之降低。由于婴儿死亡率是连续地下降的，所以越过临界点时必然出现一定时期的人口出生高峰。西方社会的人口历史资料也正说明这一点。历史上，英国最早进入工业化的资本主义建设，从18世纪后期到19世纪40年代，国民生产总值以年平均2%的速度递增，人口也出现了高速度增长的局面。从1780~1790年，英国人口以年平均1%的速度增长，而在17世纪和18世纪初，人口年平均增长率不过0.25%。

我们还看到这样一个事实，在19世纪，随着资本主义的繁荣发展，人口出生率出现了一次高峰。二次世界大战中，由于战争的破坏，婴儿死亡率出现跳跃，越过临界点。然而，当它重新回到临界点以内时，所引起的人口增长却比18、19世纪的人口增长更快，来势也更猛。那么我们怎样在同一条死亡——出生曲线上解释这种现象呢？我们知道人口总量满足下面的方程：

$$P = \frac{d_0}{b \cdot m_0} \quad (1)$$

其中 $p$ 是人口总量， $d_0$ 是一年内死亡不满周岁婴儿人数， $b$ 是人口出生率， $m_0$ 是婴儿死亡率。 $d_0$ 、 $b$ 、 $p$ 我们都从连续意义下考虑，且假设可微分。

$$\begin{aligned} \therefore \frac{dp}{dt} &= \frac{d'_0 m_0 b - d_0 b' m_0 - d_0 b m'_0}{(b m_0)^2} = -\frac{d_0 m'_0}{b m_0^2} + \frac{d'_0 b - b' d_0}{b^2 m_0} \\ &= -\left(\frac{d_0}{b m_0^2}\right) m'_0 + \frac{1}{m_0} \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{d_0}{b}\right) \end{aligned}$$

$$\text{令 } \frac{d_0}{b m_0^2} = K \cdot \frac{1}{m_0} \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{d_0}{b}\right) = c \quad \text{则 } k, c \text{ 都是变量且与 } m_0 \text{ 无关, } k > 0$$

$$\therefore \frac{dp}{dt} = -k m'_0 + c \quad (2)$$

由方程(2)可知， $P$ 的增长速度与 $m'_0$ 有如图2的关系。从图中看出 $m'_0$ 的值愈小， $\frac{dp}{dt}$

的值就越大。二战期间，各国的经济虽然都遭受到很大程度的破坏，但是由于继承下来的生产技术以及科学的进步，使经济在战后很短时间内得以恢复，并以高速度向前发展，同时婴儿死亡率也以前所未有的速度下降，因此出现了人口的高速度增长。

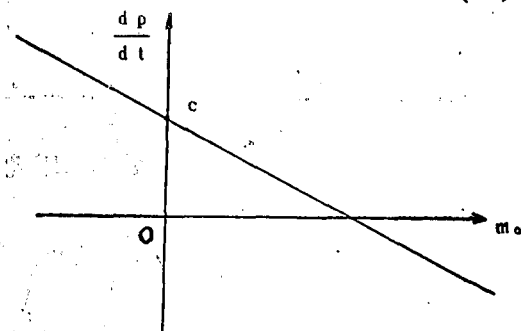


图2 人口增长速度曲线

## 二

在死亡——出生曲线上，临界点的位置是非常重要的。临界点位置的高低，对人口系统的稳定性有着巨大的影响。如果死亡率临界点升高，那么，婴儿死亡率与人口出生率在相当大的范围内都是正相关的，死亡率上升，人口出生率也随之上升，出现补偿。死亡率下降，人口出生率也下降，从而出现低死亡—低出生率现象。因此这时候的人口系统处在一种相对稳定状态，不易出现大的波动。相反，当死亡临界点低的时候，死亡率很容易跳出临界点，出现自然抑制现象，使人口处于不稳定状态，人口总量容易出现大起大落。

一个国家或一个地区的死亡率临界点位置并不是固定不变的，在不同的历史条件下位置也不同。一般说来，在一个国家，生产力和经济水平越高，它的临界点也相对地高。生产力和经济水平越低，临界点的位置也低。如果我们用数学语言来表达这一规律。

$$\text{即 } F(f(m_0)) = M_0^* \quad (3)$$

这里 $f$ 是一个国家在一定时期的死亡——出生函数， $F$ 是由生产力和经济水平所决定的泛涵， $M_0^*$ 是死亡临界点。社会生产力的发展，必然引起 $f$ ， $F$ 的变化，从而使 $M_0^*$ 升高。社会发展史告诉我们，社会形态的变化阶段为原始社会、奴隶社会、封建社会和资本主义社会，最后到社会主义社会。历史沿着这个轨迹在运行，生产力水平依次地提高，临界点的位置也随之升高。因此我们可以断言，每一个国家的人口发展，都经历了一个极不稳定，大起大落的时期，然后慢慢稳定下来，在一个基数水平上不断提高。图3是中国历史上人口变化情况的反映。从图3看到公元2年汉平帝时期，人口总量已达5 960万，经过725年的发展，几起几落，才又重回到5 292万人的水平上。在此期间人口曾极度降低。可见人口总量的起伏相当大。当然产生这些起伏的直接原因往往是战乱、瘟疫以及自然灾害，但是低下的生产力发展水平所稳定的低死亡率临界点位置是引起大的波动的根本原因。

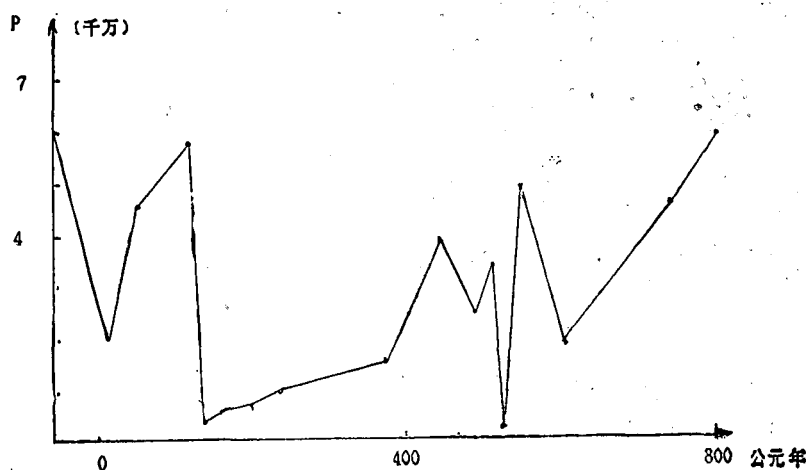


图3 中国历史人口变化曲线

随着社会形态由低级到高级，生产力不断得以解放，临界点的位置也在不断升高，不言而喻，死亡——出生曲线也在改变形状。（见图4）。在生产力发展水平极其低下的古代社会中，曲线弹性极大，而且在临界点位置上人口出生率非常高，这是在贫困线上挣扎的人们所特有的高死亡率——

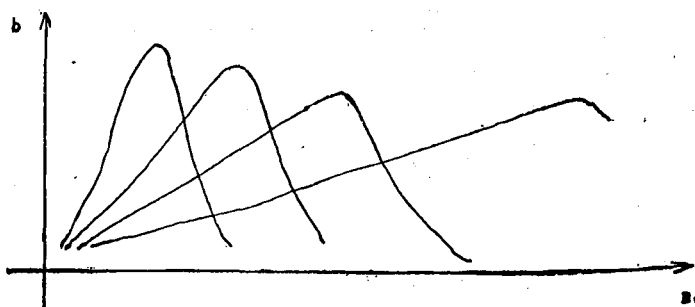


图4 死亡——出生曲线变动趋势

高出生率导致的。随着社会的发展，死亡——出生曲线逐渐变得平坦，在临界点位置上的出生率有所下降。即存在这样的变化规律：

$$(1) \frac{dM_0^*}{dt} \geq 0; \quad (2) \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{d^2 f(M_0)}{dm_0^2} = 0; \quad (3) \frac{df(m_0^*)}{dt} \leq 0$$

这个规律使我们可以这样预言,通过人类不懈地努力,生产力水平得以极大提高,人类的死亡——出生曲线将近似一条斜率很小的曲线。

### 三

以上已经讨论了临界点的运动规律以及它的运动对人口的稳定性所带来的影响,那么当婴儿死亡率处在临界点附近时,人口总量的变化情况又怎样呢?下面利用前面的分析和人口总量方程对这个问题给予细致的讨论。

$$\text{由人口总量方程知道 } \frac{dp}{dt} = \frac{d_0'bm_0 - d_0(bm_0)'}{(bm_0)^2}$$

$$\therefore m_0 \text{ 处, } b' = 0 \therefore \frac{dp}{dt} \Big|_{M_0^*} = \frac{d_0'bm_0 - d_0bm_0'}{(bm_0)^2} \Big|_{M_0^*} = \frac{d_0'M_0^* - d_0m_0'}{b(M_0^*)^2}$$

$$\therefore \text{当 } M_0^* > \frac{d_0}{d_0'} - m_0' \text{ 时 } \frac{dp}{dt} \Big|_{M_0^*} > 0 \text{ 又 } M_0^* > 0$$

$\therefore$  当  $m_0$  在  $M_0^*$  附近静止时,即  $m_0' = 0$ ,  $\frac{dp}{dt} > 0$  成立,因此我们说在  $m_0$  于  $M_0^*$  附近缓慢运动时,无论运动方向如何,总能引起人口总量增加,其增长速度:  $\frac{dp}{dt} = \frac{d_0'}{bm_0^*}$ , 如果  $m_0' < 0$ ,  $d_0' \geq 0$ , 人口总量增长其增长速度为  $\frac{dp}{dt} = \frac{d_0'm_0 - d_0m_0'}{bm_0^2}$ , 由此可见此时的增长速度更快,也就是说,在  $M_0^*$  附近,若  $m_0$  处于下降趋势,  $d_0$  不减,那么人口总量出现高速发展局面。

$$\text{当 } M_0^* < \frac{d_0}{d_0'} - m_0' \text{ 时 } \frac{dp}{dt} \Big|_{M_0^*} < 0$$

这种情况一般不易发生,因为只有当  $m_0' > 0$  并且非常大时才能使不等式成立。

由上面的分析可以得出结论,当婴儿死亡率靠近临界点时,由于高出生率的出现,人口总量一般处在增长状态。

### 结论

通过前面的讨论知道,人口出生率在婴儿死亡率的轴线上呈上抛物形状,即满足如下方程

$$b = b^* - \sigma (M_0^* - m_0)^2 \quad (5)$$

这里  $b^*$  是对应于  $M_0^*$  的最大出生率,  $\sigma$  是生育系数,在不同的国家之间,在一个国家的不同时期,它的取值都不相同。 $b^*$ 、 $\sigma$  随着社会的发展,生产力的提高而变小,  $M_0^*$  增大。

人类作为改造自然,征服自然的主体,具有主观能动性。这种主观能动性首先表现在认识自然规律并利用自然规律去改造自然。人类自身的蕃衍生息过程存在着不可抗拒的自然规律,我们能够认识它,并利用它来控制我们自身的发展。历史的发展趋势是,随着人类征服自然的能力日益强大,人类自身的生产将趋于高临界点、低死亡率、低出生率的高稳定状态。那时人类将彻底摆脱“人口”问题的困扰。

### 参考文献:

- (1) 史实:《我国历代人口数变化初探》,载《人口研究》1985年第3期,55~62页。
- (2) 林富德、沈秋骅:《世界人口与经济的发展》,中国人民大学出版社,1980年版。
- (3) 邬沧萍主编,侯文若副主编:《世界人口》,中国人民大学出版社,1990年版。
- (4) 刘铮、邬沧萍、查瑞传编:《人口统计学》,中国人民大学出版社,1981年版。
- (5) 辜胜阻:《浅析非洲人口的高增长》,载《人口研究》1985年第1期,56~58页。

(本文责任编辑:宋黎明)

(作者单位:中国人民大学人口理论研究所博士研究生)