

系统工程和人口控制

王浣尘

系统工程在国内外都已得到普遍的重视，正在蓬勃发展，应用日益广泛。

人口问题也是国际国内普遍重视的问题，又是大家都关心的，对我国有着现实的和长远的意义。

这样两个重要的问题是怎么联系到一起的呢？一句话：系统工程以及与其密切有关控制论可以为我国的人口控制服务，而人口控制是系统工程中的一个典型题目。

目前在国内外对系统工程还没有全完统一的看法，而“人口系统工程”这样一门边缘性的学科还正处在形成之中，关于人口系统工程的许多问题将在今后大量的实践中得到回答。在这里只能作一些粗浅的描述。

（一）系统工程的基本精神

系统工程这门学科的基本精神就是：把所处理的一件事情，或者是所要研究的一个物体，看作为一个系统，即不单要看到它的整体，同时还要看到其中组成整体的各个局部以及这些局部之间的相互关联，并从总体的角度来加以处理和协调，使得在总体上某种所关心的性能达到最好或者比较好。

在系统工程的领域里，把这个事物的总体称为“系统”，把组成这个总体的局部称为“元素”或“子系统”。系统工程的主要任务就是把各个元素或子系统之间的关系处理好，使得整个系统的某些我们所关心的性能达到最好或较好。

这里不妨举一个承担某项任务的小组为例。为了使得这个小组所承担的这项任务完成得最好，我们不单要看到这个小组的整体，同时还要看到组成这个小组的一些成员以及他们相互之间的关系。这就是把小组看作为一个系统，把人员看作为元素，把这些元素之间的关系处理好，协调好，使得任务完成得好。我们大家都知道，由于各个人员之间的关系处理得适应或不适当，作为一个小组的总体就可能产生各种不同的情况，甚至可能产生两种截然相反的结果。用我国的民间俗语来说，或者是“三个臭皮匠合成了一个诸葛亮”，或者是“三个和尚没水吃”。这就明显地反映出了各个局部之间协调得好坏对总体的好坏所产生的深刻影响。

在我国历史上早已孕育着系统工程的胚胎。例如驰名中外的四川都江堰水利工程，就是把分洪、灌溉和排沙三件事情处理得很协调，至今依然造福于人民。再如宋真宗时皇城失火后宫殿要修复。这一工程是相当浩大复杂的。先把皇宫前的大街挖成大沟，就地取土烧砖，引汴水入沟，通过这些河沟用船运送建筑材料，宫殿修复后，就把剩余下来的碎砖废土填入沟中，修复大街，工程结束。这样组织的工程，每一件工作都是前后呼应，相互协调，配合得当，一举数得。这就使得这一工程的整体进行得非常顺利。不过，这些还只是处于自发性的阶段。

我们也可以举出一些反面的例子来。比如一件事情的各个部分配合得很不好，不协调，

就给整个工作造成了很大的麻烦。我们有时可以看到一条街道刚刚铺上平整洁亮的柏油；不几天，一个下水道工程队来把路面拨开施工，然后再重新整平；不久又一个自来水管工程开始了，又拨开，又整平；过不了多久，可能什么煤气管道，电缆沟等等来了去，去了来，反复折腾，整个工程拖拖拉拉收不了场。

我们要把一件事情处理好，不单要有良好的愿望，还要有一套科学的办法，要有定量计算的方法。这就是不单要有过河的愿望，还要有解决桥和船的具体本领。随着现代科学技术的发展，到本世纪中叶，四十年代，初步具备了一些理论工具，有了具体分析一个系统的方法，有了一套数学理论，能够定量地处理和协调系统内部的关系，提供一些科学的方法，引导人们有条不紊地找到较好或最好的方案，系统工程也就应运而生了。

系统工程的实践产生了实际效果，往往可以不用多增人力、物力、财力，就能获得更好的结果。这样，社会上就有一股强大的力量推动系统工程实践的发展，同时也促进了理论的发展。提到系统工程的效益，人们往往喜欢引述一些大家熟悉的项目，诸如四十年代美国研制原子弹的曼哈顿计划的成功，五十年代美国海军“北极星导弹潜艇”计划的提前两年完成，六十年代美国阿波罗登月计划的复杂庞大和它的胜利实现，七十年代初墨西哥“绿色革命”和印度城市规划的显见成效等。

至于系统工程的工作内容当然是丰富多样的，不过概括起来说有两个核心问题：第一步是将所要研究的问题给以科学的明确的描述，可以借助于数学工具用公式、数据表或图形曲线等的形式表示出来，也可以用计算机的程序语言表示出来。这一步的工作内容，在系统工程里叫做“模型化”。第二步在模型化的基础上实现最优化。这就是借助于近代控制论、系统论以及计算机等的理论成果和技术手段来分析研究有关组织领导管理控制的方案，以达到较好或最好的效果。

(二) 把系统工程同人口控制联系起来

人口问题是一个复杂的、各方面互相关联着的庞大的社会问题。各种关系不易估量。

一般在讨论人口问题时所用的总人口、自然增长率等都是些笼统的指标。在同样的总人口和同样的人口控制政策下，可能有不相同的人口发展过程和不同的自然增长率。这说明上述笼统的指标不能确切说明人口状态及其若干年后对我国社会主义生产、国防等方面将发生的各种相互影响，很有必要进行一些更全面的研究。因此，很有必要把人口问题看作为一个系统，甚至看作为更大的社会系统中的一个子系统，系统工程很适宜于作为人口问题的一种研究手段。

例如，关于人口发展中的老中少的关系。对于一个社会来说，中年多，那末社会的主要劳动力多，被抚养的人口少，有利于社会的发展，但是中年将来必然会得变成老年，成为被抚养的对象，同时中年又是由前一、二十年的青少年成长而来的，必然要经历一个被抚养的过程。从另一方面看，中年又是生儿育女的主要年龄，负担着人口再生产的任务。这样老中少的三个“元素”或三个“子系统”之间就有着紧密的相互关系和相互作用。处理得好，有利于社会的发展；处理不好，可能造成人口的猛增猛降，可能在一段时间里造成人口的老化，可能造成劳动的忽多忽少，阻碍了社会的发展。

如何着手用系统工程的方法来研究人口问题呢？首先要在大量统计的基础上建立起人口的“数学模型”，把人口问题分解成一个个的组成部分，例如按年龄分，按性别分，把各种关

联的因素和控制的手段都用科学的定量的办法表示出来。

在上述“人口模型”的基础上，就可以对人口的发展过程进行定量的分析和预测。这时，可以借助于计算机这个现代化的手段来进行计算，送入统计数据和控制数据，计算机就能给出相应的结果。

进一步借助于系统工程和控制论中的方法，在上述“人口模型”的基础上，可以计算或选择出各种条件下的人口控制最优方案，而当控制方案需要进行修改时，又可在极短的时间内从计算机萤光屏或其他显示设备上看出修改的结果，提供有关领导或决策部门参考。

(三) 人口模型

定量用的人口模型通常可以分成两大类：一类是时间上连续的，用的是微分方程式或偏微分方程式，另一类是时间上离散的，譬如以一年为间隔来进行计算的差分方程式或离散时间状态方程式。为了便于统计数据的使用，又便于计算机的计算，通常以离散时间的人证模型较为方便。

用向量和矩阵形式表示的离散时间人口模型形式上很简明，用起来也方便，把它展开成普通的算量表达式后在概念上同传统的表格移算法相一致，因而也容易为人们所理解，容易为人们所接受。

在这里需要说明的一点是：既然离散型人口模型和传统的表格移算法是一致的，那末建立这种人口模型有什么好处呢？首先，模型法能把人口发展过程中所要考虑的诸多因素同时考虑进去，各因素间的定量关系都能同时表示出来，使人口问题的定量研究更为精细。例如计划生育中的“一胎率”和“晚稀少”及其随时间变化等的要求都可在生育模式和总和生育系数中体现出来。其次，模型法便于编制通用的计算程序，有利于参数的更换，便于多种人口控制方案的预测、分析和对比。其三，也是比较引人注目的一点，模型法可以引用系统工程和控制论等近代科学技术中的理论成果和技术方法，解决一些传统方法所不能解决或较难解决的一些定量问题。例如给出人口发展的希望值和某些约束限制的条件，可以计算出人口控制政策的定量指标，譬如一胎率的数值及其变化的规律，两胎的前后间隔时间等。在控制理论中按照控制政策计算出发展过程的方法称为分析法，而按照发展过程的要求计算出控制政策的方法称为综合法。此外，模型法也为应用最优化方法提供了基础，可以按照某种所要求的指标计算出最优的控制政策来，并且进一步还能应用“计算机辅助设计”的现代化技术。这时候，有关的领导同志和决策者可以坐在电视屏幕前，提出各种要求，而计算机能够快速地把计算结果在电视屏幕上显示出来，提供参考，加快决策过程。

当然，模型法所动用的数学工具要比传统法的稍为深一些，多一些，同时也不太直观。这对于一般工作同志带来了困难。不过，这种困难随着科学文化水平的提高和计算机人机对话系统的建立而相应减轻。关于人口模型的一些数学公式和计算机程序请参阅参考文献 [4, 5, 6]，这里不去多谈了。

(四) 对人口状态的分析

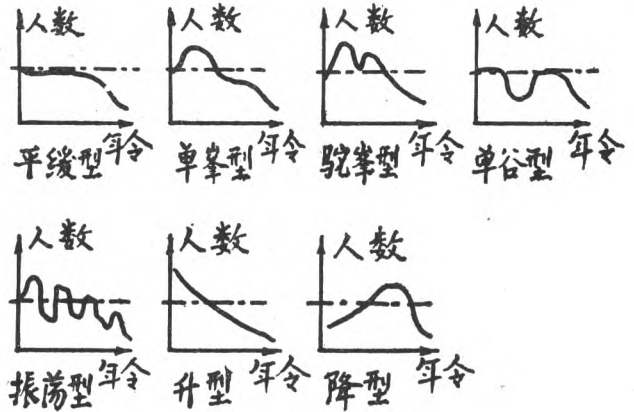
为了正确地反映人口发展的内在规律以及人口与各方面的复杂关系，应当研究人口状态。这也就是说把人口这个整体从年龄的角度分成各个局部，然后来深入研究这些局部之间的相互关系。最粗糙的划分，就是分成青少年，中年，老年。一个社会中青壮年多，劳动力

就多,如果安排得当,将有利于社会的发展;老年少年过多,则社会负担加重。但是,中年是由青少年长大而来的,老年是由中年必然过渡过来的。这里就看出了这里有着一个相互影响相互关联的各个部分。把各个部分协调得好,就能为社会长期地高速地发展提供有利的条件。

怎样能把各个年龄的人数协调得好呢?这就可用系统工程和控制论的方法来进行定量的研究。首先要弄清各年龄组的定量值,较详细一些的,就是要弄清每岁年龄上的人口数量,这就是所谓“人口的年龄构成”或“人口的年龄分布”,在人口模型中,这也就是所谓“人口状态”。

在人口发展的历史过程中,在不同的地区,人口状态可能会出现各式各样的类型。如果

在横坐标上表示出年龄值,在纵坐标上表示各年龄的人口数,就可画出人口状态图,如图所示。在人口状态曲线下的面积代表总人口数。总人口用平均寿命一除,就得到人口状态上各个年龄人口数的平均值。这个平均值可以称为人口状态的基准值。按照人口状态相对于基准值的上下大小的特征,就可以划分出七种典型的类峰型、即平缓型、单峰型、驼峰型(双峰型)、单谷型、振荡型、升型(增长型)、降型(衰减型)等。



人口状态的类型

我国现在的人口状态属于驼峰型峰高约为人口状态基准值一千四百万的两倍,其所占年龄范围约有三十年。这种人口状态已经可以称做为强驼峰型的了。

对于现在的强驼峰型的人口状态来说,如果又希望把人口控制在较少的数量上,则随着时间的推移,这个驼峰将从青少年期逐步移到中壮年期,以后渐渐移向老年区。这也就是说将来在五十到六十年后可能出现某种程度的人口老化现象。

当峰型出现在青壮年区,整个社会的主要劳动力相对增多,如果调度得当,将大大有利于社会的发展,否则,甚至可能发生好事坏事的辩证转化。

一般地说,当人口从持续增加的情况较快地转入不增加甚或减少的情况,则在转变过程中必然会出现峰型的人口状态。当国家或地区间因某种原因发生人口迁移,或发生了强烈的扰动,或人口政策不稳定,也将会出现峰或谷的类型。

若长期采取鼓励生育的措施,就会出现升型。若长期过分节制生育,则将出现降型。若关于婚育年龄的早晚或胎数多少的政策有时改变,就可能产生脉冲式的峰、谷出现,甚至产生振荡型的人口状态。

一般说来,峰、谷若安排不当,会在一段时间内使较少的劳动力负担过多的老年、少年和儿童的消费,影响社会的发展。但由于某些特殊需要,从整体出发,有意在某些年代上安排适当的峰谷,则可进行“人口储备”。

脉冲式的峰谷或振荡型人口状态虽对总人口的影响不大,但每年生育时多时少,如果上下的幅度太大,则对妇婴保健、青少年教育设施、劳动就业安排,老年福利机构的建立等,都将发生较大的冲击。

因此，当没有强烈的扰动，如战争天灾等的影响，又人口状态与总人口均较稳定，往往就会出现平缓型的人口状态。目前世界上已有一、二十个国家具有这种类型。

我们经几十种控制方案的测算，得到很有启发性的结果。从结果中发现：由于我国目前的人口状态属于强驼峰型，而且这个强峰处在青壮年以下，这就回答了为什么目前即使实行一胎化人口还会持续增长二十几年的问题。从结果中还发现，要从一种人口状态过渡到另一种人口状态，特别是从强峰型过渡到平缓型，通常需要数十年的时间，不可能在短期内奏效。在我国，一旦一个婴儿问世，他就要在历史舞台上平均活动七十年左右，经历青少年、中年、老年三个时期。因此，人口控制必须高瞻远瞩，慎重决定政策，并应尽量避免强峰、强谷或脉冲式峰、谷的出现。

(五) 从人口状态中获取多种信息

利用人口的数学模型，在一定的控制政策之下，就可以予测出人口状态（即人口的年龄分布）的逐年变化过程，在这个基础上，就可以获取多种信息以供相应的分析讨论之用。

例如，为了予测和分析人口老化现象，就可从人口状态中把六十五岁以上的老年人数占总人口的比重求出来，然后进行分析讨论。譬如我国把一胎率提高到百分之一百，即相当于生育系数控制为一而维持不变，则老年系数在一九七八年约为百分之四点八，一九九〇年约为百分之六点四，二〇〇〇年约为百分之八点一，二〇一〇年约为百分之十，二〇二〇年约为百分之十四点七，二〇三〇年约为百分之二十一点二，二〇四〇年约为百分之三十一一点七，二〇四六年达到百分之三十三点三，二〇七一年还要稍高一些。显然，人口是不断老化着，在二十一世纪三十年代以后差不多将长期地保持着每三个人中有一个老人的水平。可见这种方案的老化问题在近几年内是无足轻重的，但在二〇二〇年后就应于以足够的重视了。经过分析，为了减轻老化程度，在二十一世纪初应考虑采取相应的措施，否则将会失之过晚。

再如要讨论劳动力的变化情况，就可以从予测到的人口状态中把主要劳动力年龄组的人口加起来就可得到，将其除以总人口就可求出主要劳动力在总人口中的比重，可称之为主劳力系数。这个系数的导数同时也反映出了每个劳动力关于社会消费的负担程度。我们作过一些定量的分析，发现在人口数量上的扰动将引起主劳力系数的摆动，如果在一段时期里增多（减少）了，则在其后的一段时期里必然跟随着一个减少（增多）的过程。这一点分析结果对我们是很有启发性的，启示我们不要盲目的追求在一小段时间里主劳力系数的增高，其原因不单在于需要作好劳动力就业的按排，而且还要注意紧跟着的一个主劳力系数降低的过程，必须为此作出大大提高劳动生产率的准备，否则将会影响到个人消费水平和国民经济净收益的提高。从我国目前的水平来看，这个主劳力系数的摆动周期约为七十年，接近于平均寿命这个数字。这个周期是相当长的，因而决策和控制措施必须要有相应的远见。

再如要讨论中、小学的教育问题，也能很方便地从人口状态中提取出有关需要入学人数、在校人数、毕业人数等的信息，为制定教育规划提供参考。

总之，在人口状态中储藏大量的信息，可为各种问题的讨论提供很多方便。

(六) 为人口控制决策提供了定量计算的可能

在人口控制中建立了数学模型，可以借助于系统工程、控制论和计算机等的理论成果和

技术手段，还能够进一步作一些控制政策的定量计算，在控制论中称之为综合计算。这种综合计算指的是：根据现有的人口状态和将来的目标，按照一定的政治、经济、军事、文化和社会上各种风俗、心理状态等等的实际情况，以及资源财力等各方面的限制，去选一个使我国社会在某种意义上为最优的指标（例如每个人平均收入保持某个最高值，国家保持某种强大的实力等），用最优化的数学方法就可计算出满足给出的最优指标而又服从于上述各种约束条件的政策措施。这也就是人口控制的最优对策问题。有了这种技术手段和计算方法的配合，能使人口控制的决策进行得更快些更好些。

例如针对我国目前的强峰型人口状态，希望人口发展过程中的峰值人口能够限制在十一亿以下，而在七、八十年之后的人口状态进入平缓型而总人口能够维持在八亿左右，其老化程度又不太严重，则借助于系统工程和控制论的方法，我们可以求出一种较为合适的控制方案。这种控制方案的特点是先大幅度提高一胎率，到一九八五年使一胎率达到百分之八、九十以上，大力提倡一对夫妇平均只有一个孩子，到二〇二五年起在几年内实行一对夫妇平均有两个孩子。这个方案的总和生育系数随着时间变化的曲线先凹下后又回升，有点象英文字母中的“U”字形，所以我们可以简称之为U型控制方案。对于这种U型控制方案进行予测所得到的结果为：在总人口变化过程中的峰值人口为十亿五千万到十亿九千万，在二〇六〇年之后人口将近入八亿三千万到八亿九千万而持平，能保证有合理的年龄结构，有着充沛的劳动力，老化程度也不严重，在一个短时间内老年系数所达到的最大值仅为百分之二十二到二十三。这些结果比单纯的一胎化方案和过早实行负数增长的方案要好得多，因为那些方案在二十一世纪的三十年代以后的老年系数可能达到百分之三十以上，即在三个人中至少有一个老年人。

（七）全国人口控制的大系统结构和计算机的应用

我国是一个多民族的大国。不同地区和不同民族都各有其特殊的情况。在全国性的总人口政策的指导下，各民族各地区的人口政策既要满足本民族本地区的特殊要求，又要满足全国总政策的要求，要互相协调。不过，有时在这些要求之间出现互相矛盾的现象。这种规模庞大、结构复杂、因素众多、功能综合的系统，一般就称之为大系统。在现代控制论和系统工程中有一个部分——大系统理论，恰恰是专门研究这类问题的。它把一个很大的系数分成许多较小的子系统，利用各个子系统之间的关联和总体的协调，构成了一个总体。这就是大系统的分解和协调。例如将各个民族算作为一个个子系统，一些省市也可分别算作为一个个子系统，特殊地区也可划成一个个子系统。各个子系统配备上小计算机，它一方面作为“数据库系统”来存储和处理有关人口的档案、资料，随时可以调用。另一方面又可作为“决策控制机系统”来按一定要求进行决策，随时（或定期）确定人口控制的政策。按照大系统多级控制理论，可以保证使整个问题解决得最为合理或者较为合理。

在世界上已有相当多的国家使用计算机进行人口资料的处理。有些小的国家，已将其五百万人口的简要数据全部记录在磁盘上。我们国家的人口问题要复杂得多，不过也是可能用这些近代工具来解决的。譬如人口普查工作就要应用计算机的数据处理技术。除了全国的统计计算中心之外，各省市都要设立相应的计算中心。各省市的统计计算结果，向上向中央汇总，向下可为本省市及其所管辖的省、县、公社服务。在这样的基础上，随着科学技术的发展，建立起我国人口控制大系统的系统工程已经不是遥远不可及的事情了。

(八) 人口问题的研究需要多方面的大协作

人口问题本身已经是一个大系统的问题，不过它还只不过是整个社会经济这个更大系统中的一个部分——一个子系统。在研究、探讨人口问题的时候，有许多问题必然要牵涉到党政军以及经济和文化等各方面问题的分析研究，至于制订目标，确定公式中各个系数的数值等更需要多方面工作同志的配合。根据党中央对全局问题的高瞻远瞩的估量，提出总的方向，搞社会科学的同志与搞科学技术工作的同志通力合作，社会学、人文科学的研究分析可以给科学技术工作的同志提供定量分析的前提，而定量分析又可反过来为社会、人文科学提供进一步研究的基础。在我们这个社会主义国家内，有各级党的领导，各方面的社会主义协作，一定能将人口问题解决得很好。

参考文献（略）

瞭望台

1950—1979年世界人口的增长趋势

世界总人口，1979年年中的估计数为44.1亿。500万以上人口的国家有86个，共有人口42.8亿，占世界总人口的97%。从人口规模看，中国居于首位，其次是印度、苏联和美国。其他113个人口在500万以下的国家，仅占世界总人口的3%。因此，86个最大国家的人口发展趋势，就可以基本上反映世界人口发展的趋势。这里，根据86个500万以上人口国家的资料，对1950—1979年世界人口的增长趋势作一简要剖析。

86个人口最多的国家，分布在各大洲，它们在各大洲总人口中所占的比重大都在90%以上。仅大洋洲例外，只占64%，这是因为在大洋洲，500万以上人口的国家只有澳大利亚一个。

近几年来，世界人口增长率总的趋势是下降的，年平均增长率从1965—70年的2.1%下降到1975—79年的1.7%。从各大洲看，除非洲是上升趋势外，其他各洲都稍有下降。

从世界范围看，1978年的人口增长率在1.6—1.8%之间（由于某些国家的资料不够精确，所以只能定出一个范围，而不是一个确定数字），出生率为27—29‰，死亡率为11—12‰。

出生率：非洲仍然很高，达45—47‰；拉丁美洲稍高于世界平均水平，为32—33‰；亚洲为28—31‰，接近世界平均水平27—29‰；北美洲为15‰，欧洲为15‰，大洋洲为16‰，以上三个洲大约在世界平均水平的一半左右。

死亡率：非洲最高，达16—18‰；亚洲为11—12‰，相当于世界平均水平；较发达地区稍低于世界平均水平，北美洲为9‰，欧洲为10‰；但拉丁美洲却与较发达地区很接近，为9‰。

增长率：世界平均水平为1.6—1.8%。非洲最高，达2.8—3.1%，拉丁美洲为2.3—2.4%，亚洲为1.8—2.0%，均在世界平均水平之上。欧洲仅0.6%，北美洲为0.8%。欠发达国家为2.0—2.2%，较发达国家只是0.7%，两者之间差距非常悬殊。

详细情况见附表。

（下接第26页）