

# 教育规划模型体系及其应用<sup>①</sup>

傅 鸿 源

(管理工程系)

**摘 要** 本文运用系统工程的原理和方法研究教育长期发展规划问题, 采用一个完整的数学—模拟模型体系来描述教育系统与整个社会经济大系统的内在规律性, 进而提出了开展教育规划的一套有效方法。文中提出数学—模拟模型体系, 已在重庆地区的教育规划研究项目中得到了实际的应用。

**关键词** 教育长期发展规划, 系统网络结构, 数学—模拟模型体系

具有一定科技知识的专门人才, 是推动现代经济高速发展的主要因素之一。自帕内斯(Parnes) 1962年提出“一定规模的教育发展可以实现特定的经济增长目标”的论断以来, 世界各国, 尤其是发展中国家, 纷纷动员大量的人力、物力、财力来进行规模宏大的教育规划, 且将规划的基础建立在专门人才需求预测之上。按照这一思路, 我国曾在全国范围内开展了四次大规模的人才需求预测和教育规划工作。但是由于诸多因素所致, 往往造成需求预测值偏大, 规划方案与具体的教育实施计划相脱节, 其结果给教育规划工作的本身也带来不良影响。

本文运用系统工程的原理和方法, 采用一个较为完整的数学—模拟模型体系来描述教育系统与整个社会经济大系统的内在规律性, 以求解决专门人才需求预测这一理论及实践中的难题, 进而依据社会经济发展的需要及社会所能提供的物质条件, 制定优化的教育长期发展规划。文中所论及的数学—模拟模型体系, 已在重庆地区专门人才需求预测及教育规划工作中得到了实际应用。

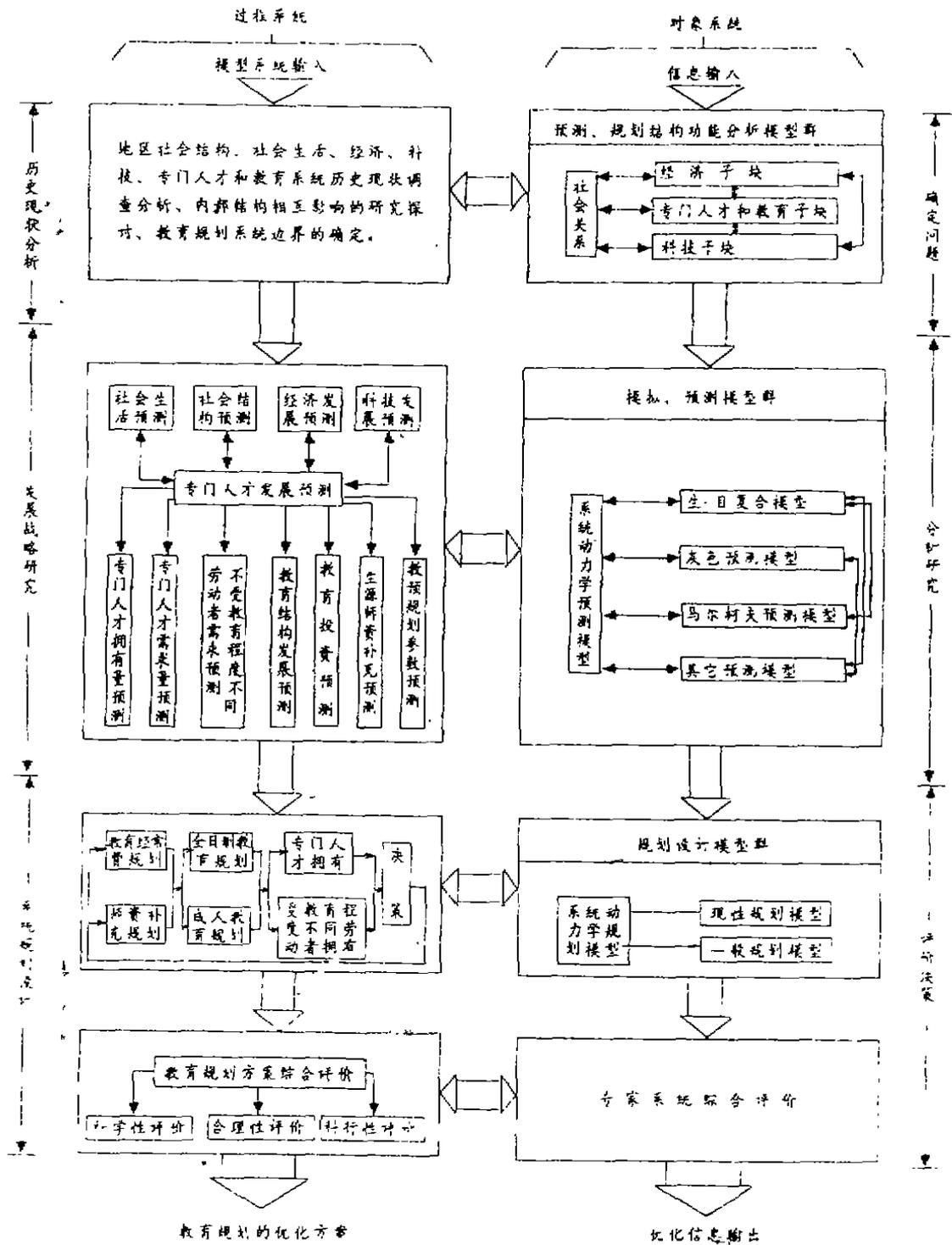
## 1 系统的构成及建模思路

### 1.1 对象系统边界的划定

教育系统是一个复杂的大系统, 而它本身又是从属于社会经济大系统的一个子系统。由于教育系统与其环境存在着广泛的物质、能量和信息的交换, 社会需求及社会所提供的物质条件决定了教育的规模, 因此教育规划研究的对象系统不能只是考虑教育系统本身, 而必须依据系统的相关性和开放性, 把握问题的特点, 将社会生活、社会结构、社会经济、科技发展等因素与教育系统本身放在一起研究, 并据此划定对象系统的边界, 经过反复论证, 作出对象系统框图, 如图1所示。

### 1.2 系统结构分析

<sup>①</sup>本文1990年9月1日收到



系统边界内部包括社会生活、社会结构、社会经济、科学技术及教育等子模块。系统结构分析着眼于系统要素在时空连续域上的排列组合关系,及其相互作用强度的论证。在系统内部,要素的排列组合形式主要为塔型结构和网状结构两种。两者主要体现了系统的层次性,后者主要体现了系统的相关性。系统内的每一个模块组成皆可视为一个塔型结构。居于塔型结构顶端的是表征该模块本质特征或具有控制作用的要素,在其之下才是逐层扩大的塔身和塔基。这种结构反映了不同层次的子系统在纵向上的联系。当我们对某一模块进行概略研究的时候,常常只需研究处于塔尖位置的要素,而无须涉及塔身或塔基;网状结构广泛存在于模块内部及模块之间,不同模块不同层次的要素彼此联系,形成相互作用强度大小不等的网状回路。结构分析的一个重要任务是定性或定量阐明要素间的相互作用强度大小,以便找出模块内部及模块之间的主导回路,供系统建模时使用。

### 1.3 问题导向型的研究思路

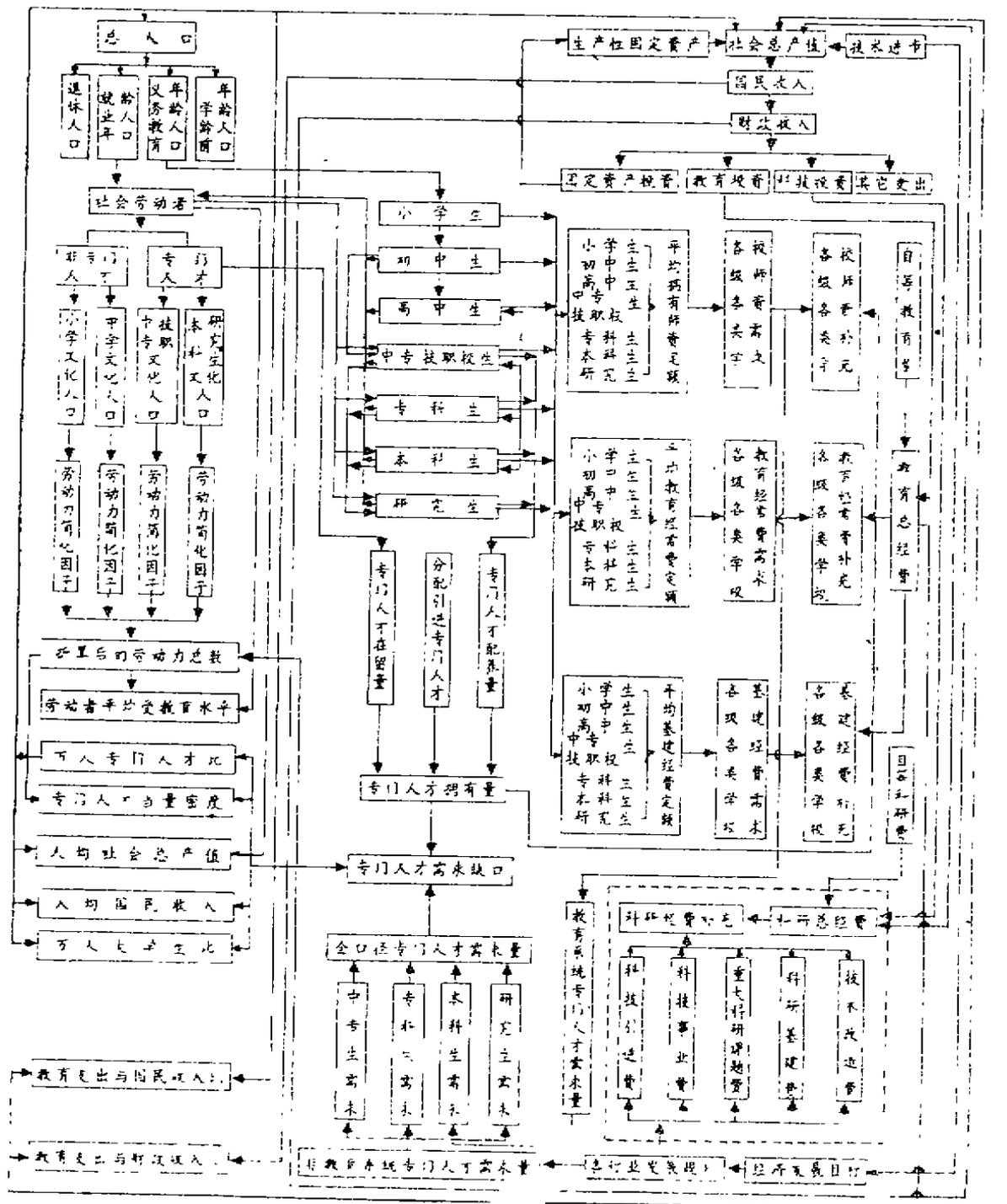
对社会经济大系统的研究思路可概括为问题导向型及方法导向型两种,前者可简单表述为:系统现象→认识问题→方法研究→解决问题;后者亦可表述为:系统现象→选定方法→简化问题以适应方法需要→解决问题。我们认为,在研究复杂系统的过程中,唯有坚持问题导向型的研究思路,才可能得出较为符合实际的有用成果。

教育规划的难点集中在专门人才需求预测之上,社会经济的发展提出了专门人才需求预测这一课题,但是,专门人才的需求数量与经济增长之间一般并不存在某种固定的比例关系,实践中也根本无法得到人才需求数量的历史数据,由于同样规模的经济增长既可通过资金密集型经济模式达到,也可以通过劳动密集型经济模式实现,产业结构的变动趋势将极大地影响专门人才的需求数量,因此,一般的常规预测方法在其面前通常显得软弱无力,需要根据问题的特点,移植或创造新的预测方法,由功能各异的模型群组成一个完整的模型体系来探索系统运动的内在规律性,其预测的结果也不应该是一个恒定的常数,而应是一组不同政策水平不同方案下的需求值。鉴于以上所述,人才预测应属趋势性预测的范畴,对预测结果及规划方案的评估,可采用模糊概念—满意度来描述。

## 2 教育规划的模型体系

### 2.1 模型体系的构成

模型是反映系统某方面性质特征的一种近似形式。只有用一系列功能各异的模型组成的有机整体,才能较为真实地描述和模拟社会经济大系统与教育系统的相互联系及其发展的规律性。在构成模型体系的过程中,模糊的思维方式及清晰的数学形式都是必需的。通过系统内部的结构分析,使我们对研究对象的本质特征有了一个清醒的认识。为了更确切地把握不同行业不同部门对人才需求的特点,我们将全地区对人才的需求状况大致分为三类:一类是物质生产部门,在这类部门中,从业人员以自己的劳动直接地为社会创造着物质财富,这类部门对人才数量及质量的需求,更多地受到经济规律制约,其影响因素也特别复杂;其二是教育部门,重点是师资力量,根据重庆地区的现状,我们预测及规划的重点只能是市属的各级各类学校,其师资需求的大头是普教,它对师资的需求主要由学生来源所决定;第三类是除教育以外的其它非物质生产部门,其人才配备数量受到多种因素,特别是政策因素的影响,考虑到社会经济系统的巨大惯性及政策的连续性,可从历史的眼



光来把握其需求规律,将 A.D.Hall 的三维结构模型具体化,可将教育规划研究分解为对象系统和过程系统两大部分,前者由一系列功能各异的模型群组成总体模型体系,用以描述和模拟系统行为,后者由网络图形来描述规划研究的时间进程,见图 2 所示。

## 2.2 若干骨干模型简介

模型体系有系统调查、系统预测、系统仿真、系统评价等多种功能。但是要把这多种功能完全由抽象的数学模型承担起来确有困难。只能将最重要的、对系统行为有巨大影响的因素,加以定量的精确分析,而对次要的因素,则采用较为简单的定量或定性的描述。教育规划模型体系由七个以骨干模型为核心的模型群构成,这里择要对其作一简单介绍。

### 2.2.1 生产函数—目标规划复合预测模型

该模型主要用于工业企业对专门人才的长期需求预测,其功能要求为确定 1990 年、1995 年、2000 年等,三个目标年度对专门人才的需求总量,并给出研究生,本科生,大专生,中专生及中学生的分项需求数量。模型由前后衔接的两个独立部分复合而成:

#### a) 改进型生产函数模型

模型的基本形式为

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta \quad (1)$$

其中:

$Y_t$ :  $t$  年的工业生产总值;

$K_t$ :  $t$  年的固定资产基金;

$L_t$ :  $t$  年的简化劳动力总量,

由劳动力简化因子乘以相应人数得到,其中劳动力简化因子参照苏联斯特鲁米林的标准,由特尔非法修正确定;

$A$ : 总生产力系数,包括科技水平,管理水平等因素,为待定参数;

$\alpha$ : 产出对基金的弹性指数或特定经济模式下的基金利用效益,待定参数;

$\beta$ : 产出对简化劳动力的弹性指数或特定经济模式下的简化劳动力利用效益,待定参数。

采用序贯处理技术,将  $Y_t$ ,  $K_t$ ,  $L_t$  的历史数据时间序列分组代入 (1) 式,可得出关于  $A$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  的三个历史时序数列,然后利用辅助预测模型,预测  $A$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  在各目标年度的取值,最后由 (2) 式可计算出各目标年的简化劳动力需求总量  $L_M$

$$L_M = \sqrt{\frac{Y_M}{AK_M^\alpha}} \quad (2)$$

式中,  $Y_M$ ,  $K_M$  分别为各目标年度规划的工业总产值和固定资产基金,考虑到政策因素的影响,可按规划值的基数上下波动 10% 取值。

#### b) 目标规划模型

该模型以改进型生产函数的预测结果作为输入,其目的是解决各目标年度的简化劳动力分配问题,最终给出优化的各学历层次专门人才需求数量,其形式为:

$$\text{Min} Z = G_1 d_0^- + G_2 \left[ d_0^+ + \sum_{i=1}^t (d_i^- + d_i^+) + d_3^+ \right] + G_3 (d_5^- + d_6^+ + d_6^-)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^5 r_i x_i + d_0^- - d_0^+ = L_M \\ x_i + d_i^- - d_i^+ = \frac{P_i}{\sum P_i} M \quad (i=1,2,\dots,5) \\ \sum_{i=1}^5 x_i + d_6^- - d_6^+ = KM \\ d_i^+ + S_i = D_i \quad (i=1,2,\dots,5) \\ x_i \geq 0, d_i^+ \geq 0, d_i^- \geq 0, S_i \geq 0 \quad (i=0,1,\dots,6) \end{array} \right. \quad (3)$$

其中:

$G_1, G_2, G_3$  为优先等级记号;

$d_i^+, d_i^- (i=0,1,\dots,6)$  为正负偏差变量;

$x_i (i=1,2,\dots,5)$  为决策变量, 分别代表研究生, 本科生, 大专生, 中专生和高中生的需求数量;

$L_M$  为简化劳动力需求总量, 由改进型生产函数模型给出;

$\frac{P_i}{\sum P_i} (i=0,1,\dots,5)$  各级人才的合理比例参考值;

$K$  专门人才密度控制因子;

$M$  目标年度职工总数控制值, 按规划值上下波动 10% 取定;

$S_i (i=1,2,\dots,5)$  松弛变量;

$D_i (i=1,2,\dots,5)$  偏差控制值。

以上前后衔接的两部分构成复合模型, 最终确定了工业系统对各级专门人才的需求数量。

### 2.2.2 Markov 状态转移模型

该模型用以确定目标年度的人才专业结构分布, 其基本形式为:

$$X_t P_t = X_{t+1} \quad (4)$$

其中,

$X_t, X_{t+1}$ :  $t$  年及  $t+1$  年专门人才按专业划分的状态矩阵, 已知且皆为  $83 \times 83$  方阵,  $X = [X_{ik}]_{83 \times 83}$ , 其元素  $X_{ik}$  表示  $i$  专业毕业而从事  $k$  专业工作的人才数占  $i$  专业毕业人数的百分比;

$P_t$ : 亦为  $83 \times 83$  方阵, 未知,  $P = [P_{kj}]_{83 \times 83}$  其元素  $P_{kj}$  表示  $t$  年从事  $k$  专业工作的人才向  $j$  专业转行的比例。

事实上, (4) 式就是由  $83 \times 83$  个等式组成的方程组,  $P_t$  就是欲求  $t$  的年的转移概率矩阵, 由 (4) 式可以将  $P_t$  的  $83 \times 83$  个元素唯一地确定下来, 解得:

$$P_t = (X_t)^{-1} X_{t+1} \quad (5)$$

进一步结合产业结构的变化趋势, 对专业转移概率矩阵  $P_t$  的各列作出必要的修正,

确定未来各年份的 $P_M$ ，则由

$$X_M = X_0 P_0 P_1 \cdots P_{M-1} \quad (6)$$

可求出未来各目标年度的专门人才专业结构分布。

### 2.2.3 系统动力学仿真模型

由于复杂系统固有的反直觉性，对模型体系的可靠性测度不可能使用统一的统计检验标准。为此我们设计了系统动力学（SD）仿真模型来描述系统行为的发展趋势，并以此来印证规划方案的合理性及适应性。

该模型由系统流图和构造方程式两大部分组成。系统流图着力于刻划系统中各元素的因果关系及因果关系环的耦合形式，通过修改系统边界假设条件，来提供输入及输出反馈信息的接口。模型中的表函数、参数值及初始值，分别根据历史统计资料、经济规则、规划指标及必要的逻辑判断，经反复论证最终确定。构造方程式则是用 DYNAMO 仿真语言写成的，用以描述流图所刻划的各种关系的结构表达式。该模型写成 DYNAMO 语句共 335 条，仿真结果验证了规划方案的合理性及适应性。

## 2.3 模型间的联结

模型体系从最优轨迹和发展趋势等不同角度来描述系统的行为及运动的规律性，因此必须妥善地处理各个模型间的联结问题。在模型体系的研制中，我们主要采取了如下三种模型联结形式：

### 2.3.1 组合式联结

组合式联结关系依据系统的层次结构关系，将不同级别的子系统生成的结果逐级向上加以组合，最后得到总体综合方案。这种联结方式具有极大的灵活性，便于研究人员将主要精力集中在影响系统行为的主导回路上，因而可能得到更为符合实际的结果。

### 2.3.2 耦合式联结

耦合式联结关系主要用于模拟模型与数学模型之间。它利用两两模型互相提供输入，将输出结果与参照系加以比较，找出其差距，然后修正输入或参数重新运行，直至输出结果符合逻辑为止。这种方式实质是考虑到政策因素的变化，对政策因素的影响作出概略性的描述。

### 2.3.3 互补式联结

互补式联结主要用于同一模块中各平行方案的对应调整。例如在专门人需求预测中，平行地使用了生产函数—目标规划复合模型群及灰色预测模型群。由于模型本身的特点，前者对工业系统的人才需求预测较为精细，而后者对非物质生产部门的描述较为真实。尽管两者在预测的总量上相差无几，但按部门的构成却有较大的差异。互补式联结不是机械采用两者预测结果的平均数作为输出值，而是通过分析论证，取长补短，对应调整，最后给出一组较为可能的预测结果。我们认为，在软科学研究工作中，这种联结方式应该引起系统分析人员的充分重视。

以上三种联结方式的理论依据是大系统的分解协调原理，强调整体最优，而不过份追求单个模型的“全面”或“先进”。通过模型及模型群之间的信息联结，形成了教育规划模型体系的总体协调决策能力。

## 3 模型体系的应用

### 3.1 重视信息的提取和净化处理

为了迅速地从分散、浩繁的数据资料中提取有用信息,我们首先将其分为两类:

统计类信息:表征该地区社会、经济、科技和教育发展水平的历史现状及发展目标的各项统计指标,其来源主要依托各政府部门及统计年鉴;

参考类信息:包括控制性指标和类比性指标,其来源为国家教委所下达的各类教育发展指标,欧美发达国家及发展中国家的社会、经济、科技、教育发展指标。

为了保证获取信息的可靠性,我们对社会经济科技等统计指标,以1980年为基年进行统一口径处理,对不同渠道采集的信息作相对误差计算,删除其不合理部分,对空缺的历史数据,由插值法或水平法补齐,而对专门人才各类统计指标,则以1985年专门人才普查数据为基础进行调整,信息采集及净化处理的结果为研究工作提供了重要依据。

### 3.2 定性与定量相结合,加强政策因素分析

社会经济大系统以其固有的巨大惯性维持着自身的运动轨迹,不适当的政策措施往往因有悖于其运动的规律性而引起系统的振荡,为使人才预测及教育规划的研究结果富于现实性,必须加强政策分析,我们坚持定性分析与定量分析相结合,专业人员与系统分析人员相结合的作法,对产业结构调整、投资规模与投资方向等问题,均作了较深入论证,设定若干不同水平的政策因素,拟制多种方案进行择优,对优化方案也分别进行了灵敏度分析,因而保证了预测和规划方案的适应性。

### 3.3 坚持以条件定发展,视需求作规划的原则

为避免规划方案与具体的实施计划相脱节,教育规划的制定必须以社会所能提供的物质条件作为基础,并视社会需求调整安排好各级各类教育,将教育投资和经费分配作为宏观调控的重要手段,由于人才需求数量与实际的正规教育培养能力之间必然存在着缺口,因此必须加强对策研究,我们在安排好正规教育的同时,注重对非正规教育培养能力的安排和调整,加上适当地延揽外地人才,基本上可保证供需关系的平衡。

运用模型体系来研究人才预测及教育规划问题,对我们来说尚属首次,针对系统的特点研制先进实用、个体功能较强的新模型,确定各模型之间的合理联结方式,解决包括应用软件在内的若干系统工程实用技术难题,则是有待我们继续努力的。

(编辑:刘家凯)

## A MODEL SYSTEM OF A LONG-TERM PROGRAM OF EDUCATION DEVELOPMENT AND ITS APPLICATION

*Fu Hongyuan*

(Department of Construction Management)

**ABSTRACT** This paper studies a long-term program of education development in the light of the theory and method of system engineering. A complete mathematical-simulant model system is used to describe the internal regularity of an education system inside a social-economic system, and to put forward a set of efficient method for education development programming. The mathematical-simulant model system discussed in the paper is put to practical use in a regional education programming.

**KEY WORDS** long-term program of education, system network architecture, mathematical-simulant model system