

⑫ 58-62

小水电地区农村电气化系统动力学模型^{*}

A System Dynamics Model of Rural Electrification in Small-Hydroelectric Area

冯祈善 孙辉 陈真
Feng Qishan Sun Hui Chen Zhen

SZP

(重庆大学工商管理学院)

摘要 利用系统动力学原理构筑了小水电地区农村电气化的系统动力学模型,从而为计算机仿真模拟 定性定量地分析农村电气化的发展决策提供科学依据。

关键词 农村电气化; 小水电; 系统动力学; 反馈环; 仿真模拟

中国图书资料分类法分类号 S24

ABSTRACT In present paper, a system dynamics model of Rural electrification in small-hydroelectric area was designed by using the principle of system dynamics. The model provides a scientific basis for computer emulation and simulation, and it can be used to analyze the policies on rural electrification.

KEYWORDS rural electrification; small-hydroelectricity; system dynamics; feedback cycle; emulation and simulation

0 问题的提出

电气化是人类社会发展的必经阶段,农村电气化关系到农业和能源两个战略重点,是实现农业现代化的必由之路。

农业现代化建设的过程,也是农业机械化电气化实现的过程。在这个过程中,农村的劳动力构成,农村社会经济结构和用电结构将发生巨大的变化,直接影响着我国农业现代化建设乃至整个国家现代化建设的进程,具有十分重要的现实性和紧迫性。因而,从理论上系统地研究农村电气化方向及其发展规律,已成为农村电气化事业面临的一项重要任务。

系统动力学是一种系统动态行为分析的系统方法,其理论基础是系统论、控制论和信息论,以计算机为手段,依靠各方面专家的知识和经验,把定性和定量分析紧密地结合起来,建立系统的数学模型,通过计算机仿真模拟,采用想定方法作各种政策试验,定量分析其实施后果。由于它特别擅长于处理长期性、高阶、非线性、时变的问题,在社会经济系统中得到了越来越广泛的应用。自从系统动力学本世纪50年代创立以来,它在社会系统、经济系统、管理

* 收文日期 1992-12-05
国家自然科学基金资助项目

系统、企业系统、城市系统、生态系统等复杂系统问题的研究中,取得了令人瞩目的成果。我国80年代初引入系统动力学后,其方法已被运用于国家级、地区级的社会经济发展规划等领域,但在农村电气化系统方面,国内系统动力学研究还是一个空白。本文根据农村电气化系统的特点,利用系统动力学的基本原理,展开了农村电气化系统模型的研究。

1 农村电气化系统的特点

农村电气化系统是一个复杂的社会经济系统,它具有以下几个方面特点:

1.1 结构复杂性

农村电气化是一个复杂的大系统,其复杂性主要表现在结构复杂和影响该系统经济行为的因素繁多等两个方面。

1.2 目标多层次性

农村电气化是一个社会—经济系统,它最终追求的目标是为了满足伴随社会日益增长的物质文明和精神文明而增长的电力需求。同时,该目标又可分成经济效益和环境效益两个子目标,两个相互促进、又相互制约。经济效益目标即反映生产增长和人民生活水平提高的目标;环境效益目标则包括由于生产规模扩大必须考虑的污染控制和期望实现的生态目标。

1.3 动态性及非线性

农村电气化是一个动态系统,其动态特性表现在:(1)组成系统的要素量随时间流逝而变化;(2)系统主反馈环随时间而转移;(3)系统要素之间相互作用的秩序和强度随时间而变化。所以农村电气化实际上为时变参数系统。农村电气化这一经济大系统中要素之间关系表现出强烈的非线性,且反馈环之间非线性耦合尤为突出,这种非线性使得难以用线性系统理论来加以描述。

1.4 “灰色”性

由于农村电气化系统的复杂性,以及人们对系统内部结构认识的局限,整个系统在我们面前呈现为“灰色”,即人们对其结构部分了解较清楚,而另一些部分则只有模糊的认识。

1.5 人为性

人是任何经济系统的主要因素,人不仅影响经济系统的活动,而且还可以对其实行有效的控制,决策者的意志对系统行为的作用尤为重要。由于农村电气化系统的上述特性,在研究问题建立系统模型时,采用系统动力学方法建立动态仿真模型,不失为科学地决策提供依据的一种有效方法。

2 农村小水电系统动力学仿真模型

2.1 建模的目的

(1) 从理论上和实践上探讨定量研究农村小水电系统的方法。农村电气化的内容较多,但其一个主要方向就是大力发展农村小水电系统,因此,结合我国实际情况,结合农村经济结构及用电结构的变化,用模型的方法描述农村小水电地区发展状况,并预测未来,做到即既系统全面,又切实可行。

(2) 为进一步研究农村电气化发展方向奠定基础,并试图为决策部门研究小水电地区

发展战略提供定量依据。

模型将从两个方面进行讨论：(1)在目前状况的不同条件下，小水电地区的发展趋向；(2)在何种状况下，小水电地区的发展能够达到既定水平。

2.2 模型的建立

农村电气化系统就结构而言，纵向表现出多层次的结构，如图1所示。显然，图中并没有穷尽系统的层次，系统的各层次之间也有着相互作用。从横向看，同一层次的子系统之间也存在着复杂的相互关系。深入到一个子系统内部来看，组成该系统的各要素之间相互作用形成多重的因果关系反馈环。上图中需要注意的是，能源开发在农电系统中主要是指地方煤炭和小水电资源的开发；而负荷规划则同大网中负荷预测的概念有所区别，它主要是指在满足一定的农村电气化指标的前提下对负荷进行预测，安排和优化调整。

作为农村电气化系统的一个子系统，小水电系统内部也存在相互作用的多重因果反馈环。通过对结构的内在因素和外部条件作定性定量观察，选择其中主要因素和条件作为模型变量，在模型中，鉴于目前电力供不应求状态况，略去了水电需求。所建立的因果关系图，如图2所示；系统动力学模型流图，如图3所示。

模型中包含一正，一负两个反馈环，正反馈环反映了小水电扩大再生产过程，负反馈环描述了水能资源对小水电生产规模扩大的制约作用。

3 主要问题的处理

3.1 水电蕴藏量

在模型中将水电蕴藏量设为状态变量。水能资源的开发速度(装机率)取决于小水电的投资，在模型中设置了可利用的最小水电蕴藏量作为约束条件，表示水能资源利用的极限。

3.2 装机容量

水电装机容量是一状态变量，其输入流率为装机率，输出流率为损耗率。由于小水电基建周期的滞后作用，使新增装机容量的形成滞后固定资产投资，在模型中用一阶延滞环节模

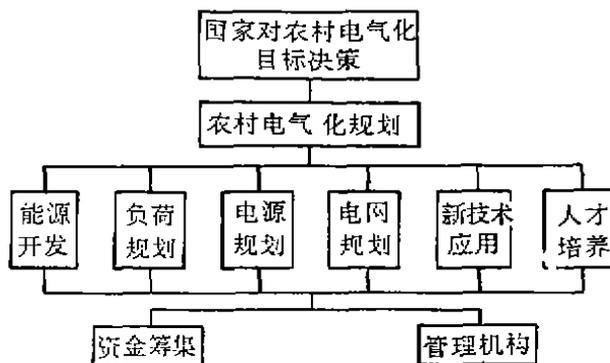


图1 系统结构

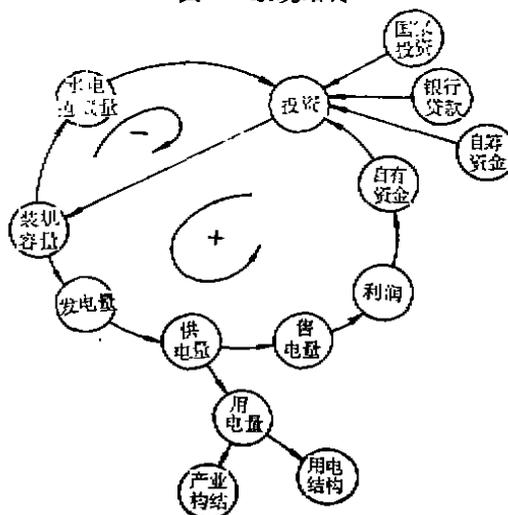


图2 农村小水电模型因果关系

拟滞后效应,如图3所示结构,以数学模型表示为(DYNANO 方程形式):

$$L \quad \text{装机容量} \cdot K = \text{装机容量} \cdot J + DT * (\text{新增装机率} \cdot KL - \text{损耗率} \cdot KL)$$

$$R \quad \text{新增装机率} \cdot KL = \text{Delay1}(\text{装机率} \cdot KL, DL)$$

式中: K 现在时刻

J 相对于 K 时刻前一个 DT 的过去时刻

L 相对于 K 时刻后一个 DT 的将来时刻

DT 取定的等距时间间隔,称为时间差分

KL 为由 K 到 L 的时间间隔

$DELAY1$ 一阶指数物质延迟

DL 延迟时间

每个公式的首端有英文字母,其中 L 表示状态方程, R 表示速率方程,另有辅助方程、常数方程等从略。

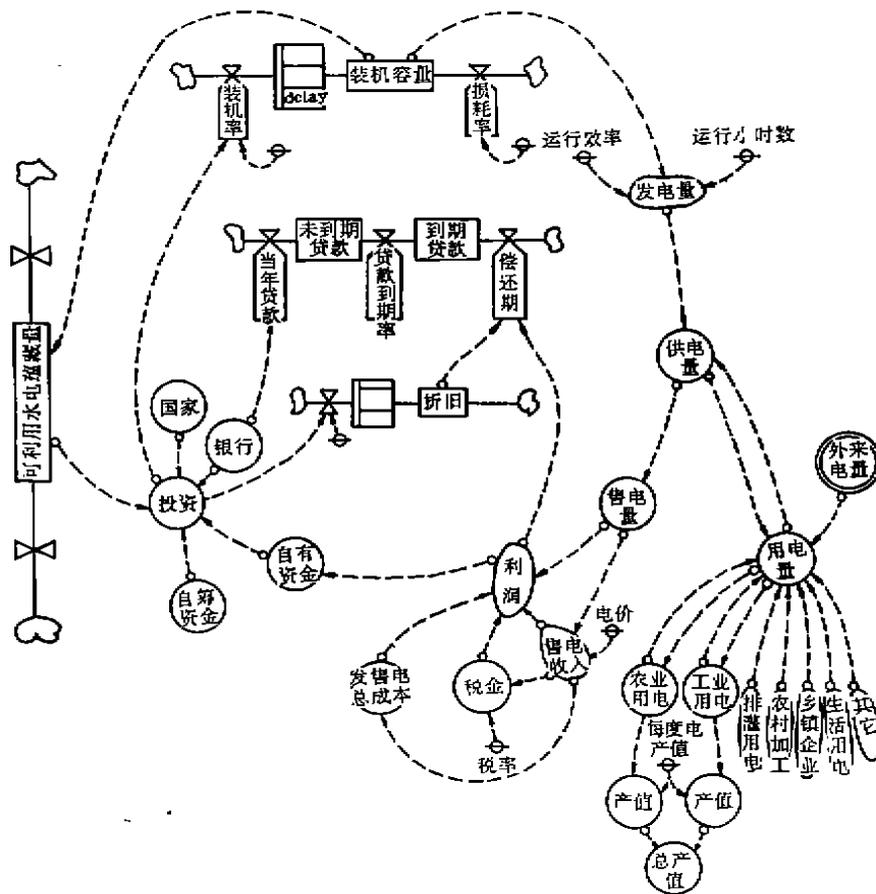


图3 小水电系统动力学模型流图

3.3 发、供、售及用电量

发电量为装机容量,运行效率与运行时数的乘积。发电量决定供电量,供电量又决定售电量。在用电量中,考虑构成用电量的几项用电项目按其本身规律增长,由 Table 函数产生

函数关系,其总和受制于供电量。

3.4 投资

小水电投资主要考虑了国家,银行贷款、自有资金和自筹资金四部分,银行贷款按规定利息和偿还期限进行偿还,自有资金按利润提留,首先用于偿还到期贷款,剩余部分用于投资。

4 应用展望

该模型较为系统地考虑了影响农村电气化发展的各种主要因素并使之量化,同时,它通过功能结构的模拟,克服了其它一些数学模型在处理社会经济系统中所遇到的问题,比如:该模型对数据的依赖程度远低于计量经济学模型,线性规化模型;它采用计算机模拟的方法直接给出了动态系统的时间行为,避免了非线性模型求解的困难,另外,该模型在多变量不同时间相互关系的处理,政策参数分析以及人的经验和决策过程对行为的影响的考虑上都有独到之处。虽然该模型有诸多优点,但由于社会经济系统错综复杂,模型还有待扩展和完善,而且在应用时,还必须根据本地区农村电气化发展的实际水平和规划目标进行调整修改。

参 考 文 献

- 1 王其藩. 系统动力学. 北京:清华大学出版社,1988
- 2 王洪斌译. 系统原理. 北京:清华大学出版社,1986
- 3 吴健中. 系统动力学建模. 系统工程,1987,4