

成都市可持续发展模拟与调控

姚建, 刘莉, 罗文锋, 张军
(四川大学 四川成都 610065)

摘要: 利用系统动力学模型, 以成都市经济、人口、资源、环境四个子系统之间的相互制约关系为基础, 对整个系统进行分析和模拟, 结果表明符合实际情况和发展趋势, 因此该系统具有相当的可信度。通过各种参数的调整和输入, 研究了整个系统未来的可持续发展概况及调控对策。该种模拟和预测方法, 对于区域可持续发展的定量研究提供一定的途径。

关键词: 可持续发展; 系统动力学; 模拟; 调控对策

中图分类号: F061.6 **文献标识码:** A

区域可持续发展问题是一个十分复杂的巨系统^[1], 这样高度复杂的系统很难用一般研究社会经济问题的数学方法进行研究。例如, 若利用计量经济模型, 当系统结构发生变化时, 模型难以做出调整, 难以反映系统的动态变化; 利用投入产出模型, 因各因素间看成是线性关系, 与区域可持续发展系统的实际情况不尽相符; 利用线性近似的方法, 大量重要的信息将会不可避免的丢失^[2,3]。由美国麻省理工学院 Jay W. Forrester 教授创立的系统动力学是通过因果关系建立系统的结构性模型, 借助计算机进行数字仿真, 再通过分析研究系统结构功能和其动态行为的内在联系, 实现系统的动态行为对真实系统的跟踪^[4]。经过多年的发展, 已在经济、社会与人口、生态与环境、科技与教育、医学、生物学及工程技术等领域得到广泛的应用, 并取得大量有价值的成果^[5]。由于它能真实地描述系统行为, 能观察到系统在不同情况下所表现出的行为和趋势; 而且不需进行准确的参数估计, 便于反映经济和政治等的变化, 对数据的完整性和准确性要求不高, 适于考察系统行为的长期发展趋势。因此也将会是研究区域可持续发展系统的有效方法^[6,7]。

成都是西南地区乃至整个西部地区的主要中心城市之一, 成都的可持续发展对于带动和促进西南地区的持续发展具有举足轻重的作用。特别是考虑到西南山地与成都平原相互作用的互动关系时, 研究成都市可持续发展的意义更为显著。同时成都市地处我国地势一二级阶梯的过度地带, 其区域可持续发展系统研究具有一定的典型性, 其研究结果和方法对于西南山地开发建设也具有一定借鉴和推广价值。

1 成都市可持续发展系统分析

1.1 成都市概况

成都市位于四川盆地之西部, 地势平坦, 气候温和, 水系发达。主要有岷江、沱江、玉溪河、鸭子河等 12 条河流和几十条支流。成都市自然资源, 特别是农业自然资源十分丰富, 土地类型以平原为主, 土层深厚, 土壤肥沃, 生物资源种类多, 有一大批珍稀动植物资源。全市水能资源蕴藏量 161 万 kw, 矿产资源也十分丰富^[8]。成都是四川省人口最密集的地区之一, 全市 1998 年总人口 997 万。其中非农业人口

收稿日期: 2000-07-06; 改回日期: 2000-04-15。

作者简介: 姚建(1966-), 男(汉族), 四川宁南人。四川大学在职博士生, 环境科学专业副教授。主要从事环境规划与管理、区域可持续发展研究, 已发表论文 20 篇。联系电话: (028)5403848, e-mail: yaojian@163.net。

327.3万,农业人口698万,是全国22个特大城市之一,劳动力资源十分丰富,占全市总人口的65.6%。

改革开放以来,成都经济发展很快,工业发展尤为迅速。成都是川西地区商业、金融中心和最大的物资集散地。市区每千人商业网点数和饮食业网点数,分别位居全国第三位和第二位,全市有一大批专业市场、商场和农贸市场,商品流通十分活跃。全市1998年国民生产总值为1102.6亿元,其中第一产业占总值的5.2%,第二产业占总值的43.7%,第三产业占总值的51.1%。成都市环境质量状况通过几年的整治已基本好转,工业“三废”排放无序排放的情况基本得到控制^[9,10]。

1.2 成都市可持续发展系统运行反馈回路

系统的因果反馈回路是系统诸要素间一系列的因果链连接闭合而成的回路,是对真实系统内部结构的描述。成都市可持续发展系统包括四个子系统(人口、经济、资源、环境子系统),它们互相联系,共同组成了一个整体(如图1所示)^[1,2]。

当资源消耗增大到一定程度时,就对工业的发展产生限制;同时经济的发展又导致人口数量的增加和资源消耗的增大,污染物的排放随之增加,从而环境容量降低,反过来又要对经济的发展产生约束。系统的目标是在保证丰富资源永续利用的条件下,使经济得到合理的、持续的发展,同时使环境尽可能符合人类需要。

1.3 成都市可持续发展系统动力学流图的建立

根据成都市可持续发展系统的结构分析和功能研究,可以建立人口、资源、经济、环境各子系统流图如下(图2、3、4、5)^[6]。

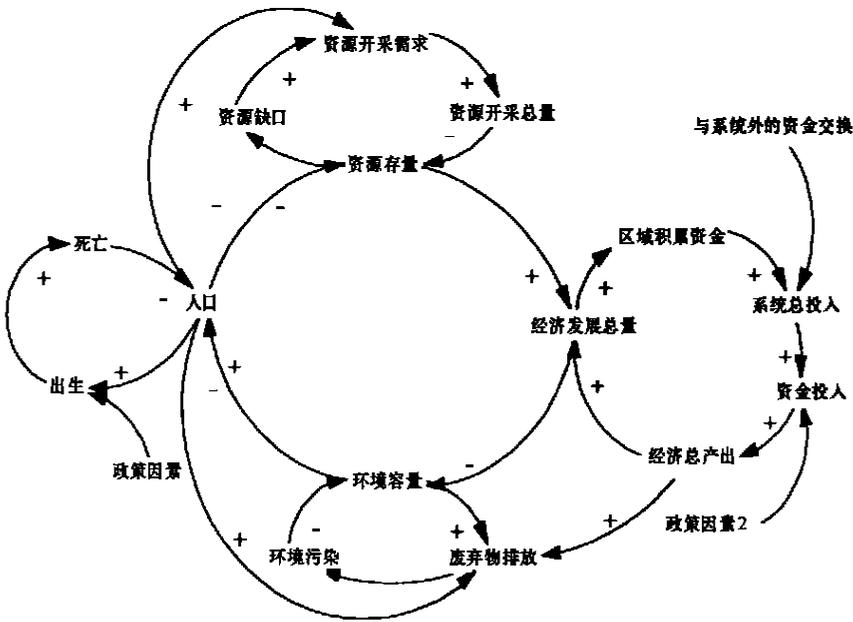


图1 成都市可持续发展系统的反馈回路

Fig. 1 Casual feedback loop of sustainable developing system in Chengdu City

2 模型仿真及结果讨论

2.1 模型建立和仿真

在建立系统因果回路图及流图的基础上,按照成都市区域可持续发展系统特征和各子系统间的因

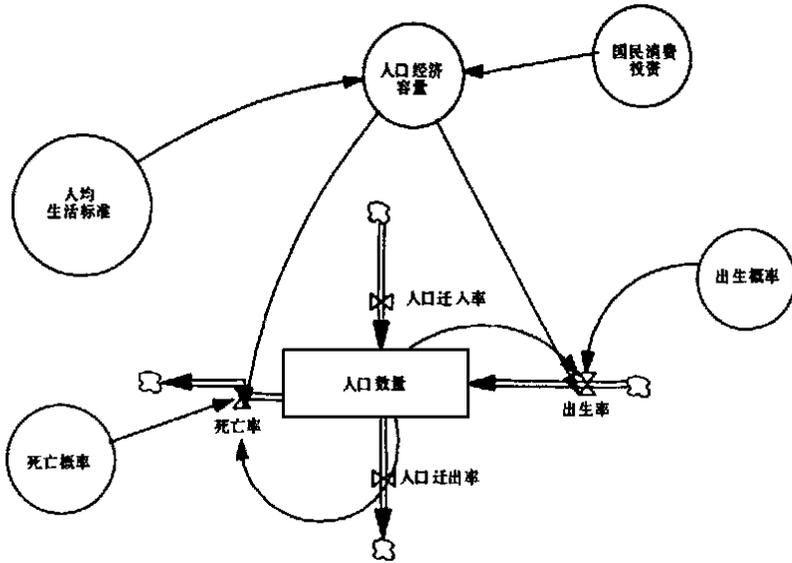


图2 人口子系统流图

Fig 2 The flow chart of population system

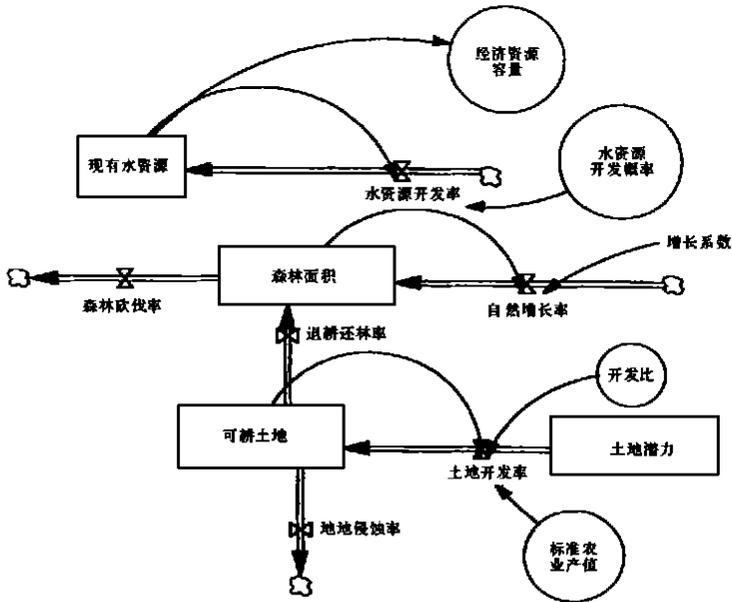


图3 资源子系统流图

Fig. 3 The flow chart of resource system

果关系,共确定参数变量69个,其主要参量值见表1。按照文献所提供的成都市经济,社会,环境,资源等各方面情况,本文采用SD系统软件模拟了1990~2020年成都市的发展状况,2000年以前用于模型和参数检验,2000年以后用于预测。经参数的合理调整和率定,得到与实际情况吻合较好的结果。

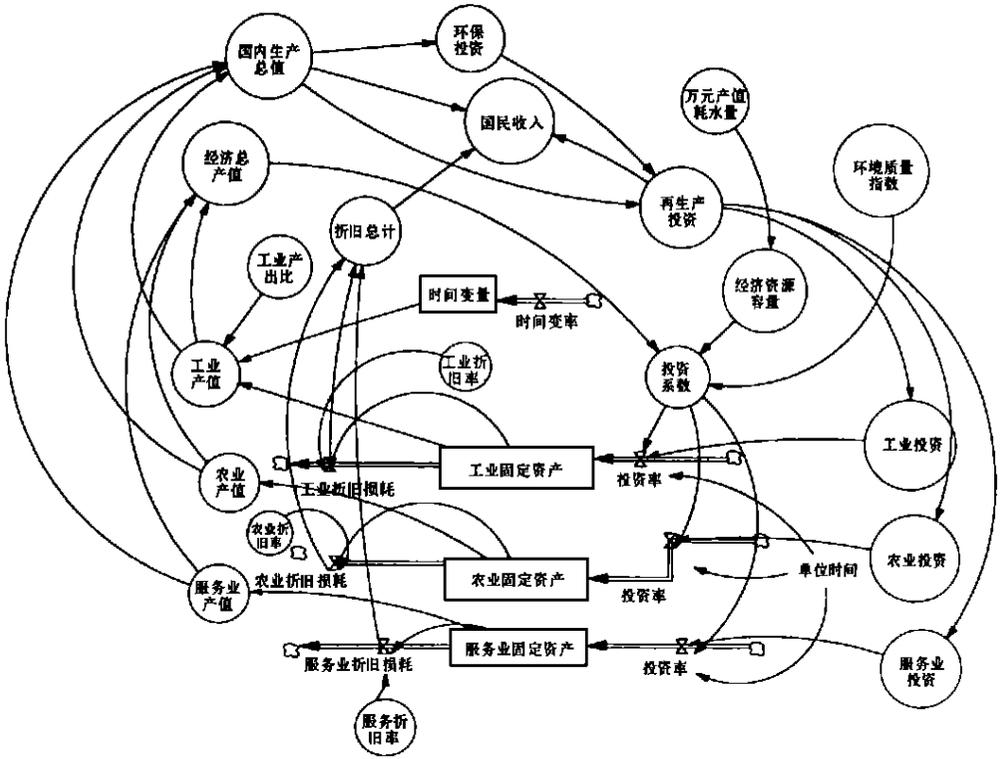


图4 经济子系统流图

Fig. 4 The flow chart of economic system

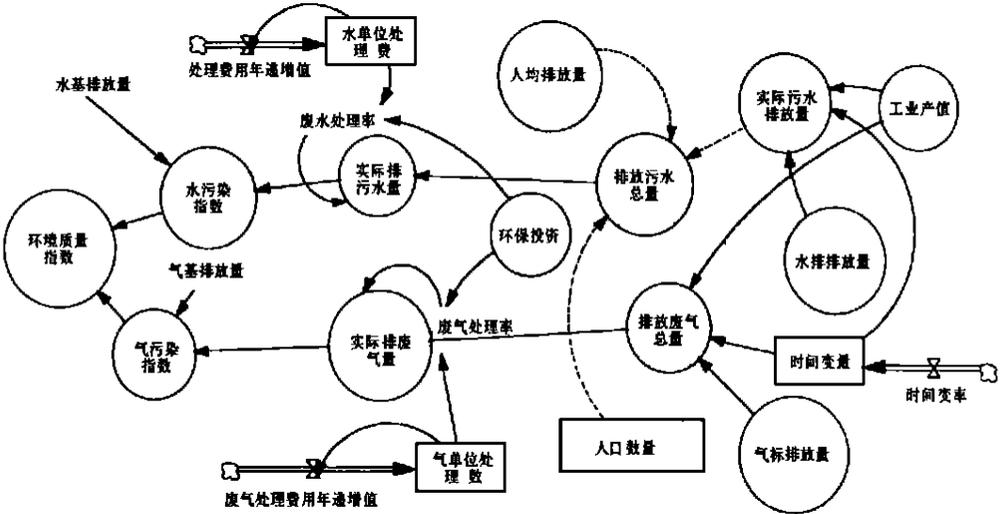


图5 环境子系统流图

Fig. 5 The flow chart of environmental system

表1 成都市可持续发展系统主要参量值

Table 1 The main parameters of sustainable developing system in Chengdu City

时间	总人口 (万人)	人口自然 增长率(%)	国内生产 总值(亿元)	一二三产业 比重	社会投资额 (亿元)	日供水能力 (万吨)	耕地面积 (万公顷)	万元产值废水 排放(吨)	万元产值废 气排放(m ³)
1990年	919.5	6.7	194.1	21:40:39	40.1	66.4	48.65	327.8	6.46
1997年	989.2	3.1	1007.0	12:45:43	310.08	105.3	44.54	60.17	1.44
1998年	997.0	3.1	1102.6	11:45:44	371.87	152.0	44.1	58.73	1.41

结果表明,按照现有资源(特别是水资源)的存量,如果资源的单位产值用量不变,预计在2005年以后,水资源对经济的发展将产生限制性影响。随着经济的高速发展和人口的增长,污染物的排放量也在逐年增加,并造成了环境质量的进一步恶化,必须调整系统发展策略,使各子系统相互协调,才能实现成都市区域系统的可持续发展。

2.2 不同调控方案的模拟仿真和结果

从以上分析可以看出,影响成都市可持续发展的关键因素是资源经济容量和环境质量。因此,在调控策略上,一方面要合理开发利用水资源,通过革新技术环节,降低单位经济产值耗水量。另一方面,必须加大对环保资金的投入,同时注意产业结构的调整,限制污染型经济的发展。实现经济持续增长,资源永续利用,环境不断改善,保证成都市可持续发展目标的实现。为此拟定了三个系统调控方案,作为成都市可持续发展的决策依据。

方案1:在2020年前把水资源开发利用率增大50%(由0.5%增至0.75%),万元产值耗水量减少20%,对环保的资金投入由占国民生产总值的0.9%增大至1.4%。在这个方案下,2020年国民经济总产值将达到4617亿元。

方案2:在2020年期间将水资源开发率增大一倍(即由0.5%增至1%),万元产值耗水量减少40%,环保投资只增长20%,即由占国民生产总值的0.9%增至1.08%。在这个方案下,经济总产值将达到7567亿元。

方案3:在2020年前水资源开发率与方案一相同,万元产值耗水量保持不变,环保投入资金与方案二相同,即只增长20%。在此方案下,2020年后国民经济总产值将达到5999亿元。三种方案及初始方案所模拟的经济发展情况见图6。

3 成都市可持续发展的调控对策

根据对成都市可持续发展系统预测与调控的模拟与仿真结果,可以提出几点相应对策:

1. 控制人口数量,提高人口素质。成都市人口出生率保持在1.3%左右,可使人口控制在1000万左右,以达到与环境、经济相适应。应在学校教育中增加环保知识和环保意识的教育,让人们懂得怎样使自己的行为符合可持续发展的需要。

2. 加强环保管理和整治力度。成都市所处的地区,静风频率高,污染物不易扩散,滞留积累造成污染,必须采取多种形式的手段和措施,对企业的排污行为进行监控,减少污染的排放。一是对于产生废水、废气、废渣的企业,必须达标,并控制排污总量。二是对于某些技术水平低,污染重的企业,令其整改或搬迁,甚至关停,从源头上减少污染。三是增加环保投资力度,改善区域环境,增强环境自净能力,使区域经济发展与环境、资源相协调。

3. 改变经济增长模式,优化产业结构。成都市的传统产业是以大量消耗资源来换取经济快速增长的类型,要利用西部大开发的机遇,加强产业结构的调整力度,向高、精、尖产业方向发展;促进技术创新,减少资源损耗,在经济增长的同时资源消耗量和排污量有所下降,对农业要增强农民的科技意识,提高农业技术的科技含量,发展生态农业。

4. 合理利用资源,实现资源的永续利用。充分发挥市场有效配置资源的作用,合理开发利用资源,提高资源利用率,减少浪费和污染排放。

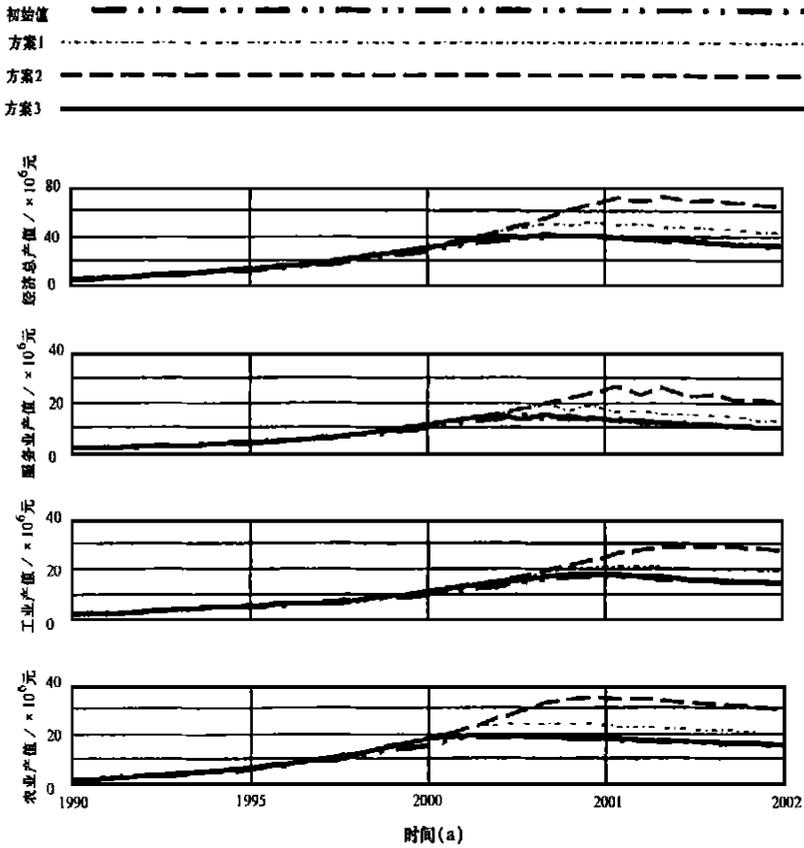


图 6 成都市可持续发展系统模拟仿真结果

Fig. 6 The simulated results of sustainable developing system in Chengdu City

参考文献:

[1] 张泉林. 关于区域可持续发展的系统分析[J]. 中国人口、资源与环境, 1994, 4(2): 13-17.

[2] 中国系统工程学会. 复杂巨系统理论—方法—应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.

[3] 王桥, 毛锋. 运用系统动态学方法研究区域可持续发展问题的一些探讨[J]. 地理科学, 1998, 18(6): 574-580.

[4] 王其藩. 系统动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1985.

[5] Allen, Peter M. Dynamic Models of Evolving System [J]. *System Dynamics Review*, 1988, (4).

[6] Richardson, G. P. and A. L. Pugh. Introduction to System Dynamics modeling with DYNAMO [M]. The MIT Press, 1991.

[7] 刘小金, 毛汉英, 陈为民, 等. 系统动力学在区域发展规划中的应用[J]. 地理学报, 1991, 46(2): 233-241.

[8] 杨华安. 成都国土总体规划[R]. 成都: 成都市人民政府, 1991.

[9] 张晓雪. 1999年成都统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1998年.

[10] 李永祺. 成都市环境质量报告书[R]. 成都: 成都市环保局, 1998.

SIMULATION AND REGULATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN CHENGDU CITY

YAO Jian, LIU Li, LUO Wen-feng, ZHANG Jun
(*Sichuan University, Chengdu, 610065 PRC*)

Abstract: As a variable and complex system, system of sustainable development is very difficult to extract integrated information from and analyze successfully. System Dynamics is a traditional but advanced method to analyze and simulate complex & large systems, and the model of system dynamics (SD) does not require detailed data and precise parameters, so it can construct and simulate a macro structure model of sustainable developing systems. A new model of sustainable developing system in Chengdu City has been set up, and the simulated results are presented in this paper.

According to the systematic theorem and its analysis method, we have induced the procedure of utilizing SD model to simulate system of sustainable development.

(1) The structure of the system to be simulated was analyzed by drawing a diagram of the causal feedback loop

(2) The flow chart of the system were described

(3) Data and parameters of the system were collected and calculated

(4) The SD model was simulated and modified on the computer

Using the statistical data and appropriate parameters, the compound system of population, resource, economy and environment of Chengdu City have simulated from 1990 to 2020. It showed that the most important factors for the system of sustainable development in Chengdu was the shortage of water, the growth of population and the quality of environment. By adjusting the policy of economic development, expanding the area of forest, raising the utilization ratio of water, controlling the emission of pollutants, reducing the rate of population growth, the system of population, resource, economy and environment of Chengdu should be coordinated.

The selected SD model is able to express both the “variety” component and the “evenness” one of sustainable developing system. It has a special advantage to long-time forecasting, so may provide data and information to the certain department of government.

Key words: system dynamics; sustainable development; influence; simulation