

武器装备全寿命费用宏观控制的系统动力学模型*

张 栋¹, 罗 飞², 罗小明²

(1. 总装备部后勤部营房局, 北京 100101; 2. 装备指挥技术学院, 北京 101416)

摘 要 :以武器装备作战能力差距为牵引,以全寿命周期阶段对作战能力的影响为主要依据,建立了基于系统动力学的武器装备全寿命费用控制分析模型,客观、合理地描述了全寿命周期各阶段之间的相互影响,并对武器装备全寿命费用宏观费用控制问题进行了仿真实验分析。

关键词 :武器装备 ;全寿命费用 ;系统动力学 ;控制 ;仿真

中图分类号 :E917 **文献标识码** :A

The Macroscopical Control of the Life Cycle Costs of the Equipments Based on System Dynamics ' Model

ZHANG Dong, LUO Fei, LUO Xiao-ming

(1. The Barracks Bureau, Logistics Office of the General Armament Department, Beijing 100101, China;

2. The Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China)

Abstract :Based on the difference of the combat ability of equipments and the influence of life cycle phase on the combat ability of equipments, the system dynamics ' model on macroscopical control analysis of the life cycle costs of equipments is set up, which describes the relations between all the phases of the weapons ' life cycle objectively and soundly. By simulation experiment of macroscopical control analysis of the life cycle costs of equipments, some experimental conclusions have valuable reference to the construction and development of equipments.

Key words :equipment ;life cycle costs ;system dynamics ;control ;simulation

武器装备全寿命费用使用控制的不合理、不科学,已经成为制约我军武器装备发展的一个重要问题^[1,2]。解决这一问题,必须加强武器装备全寿命费用宏观控制研究,建立健全适应武器装备全寿命周期费用管理的体制和运行机制,走出一条投入较少、效益较高的武器装备建设路子。

1 系统动力学方法及仿真实验步骤

系统动力学(SD, system dynamics)是一种以反馈控制理论为基础,以计算机仿真技术为手段的研究复杂社会经济系统的定量方法^[3,4]。它将系统构成为结构与功能的因果关系图式模型,利用反馈、调节和控制原理进一步设计反映系统行为的反馈回路,最终建立系统动态模型,再经过计算机模拟,对系统内部信息反馈过程进行实验,以便更深入地了解系统的结构、功能和动态行为特性。系统动力学也被誉为“战略与策略实验室”。

运用SD方法,对武器装备的结构、功能及动态行为进行分析,其仿真实验的基本步骤如下:

(1) 系统分析

系统分析是用系统动力学方法解决实际问题的第一步,其主要任务在于分析问题、剖析要因,主要工作有:①了解系统,调查搜集有关系统的情况与统计数据;②了解用户提出的要求、目的,并明确所要解决的问题;③分析系统的基本问题与主要问题、基本矛盾与主要矛盾、主要变量与变量;④初步划定系

* 收稿日期:2004-12-06
基金项目:全军军内科研计划项目(200316)
作者简介:张栋(1970—),男,博士生。

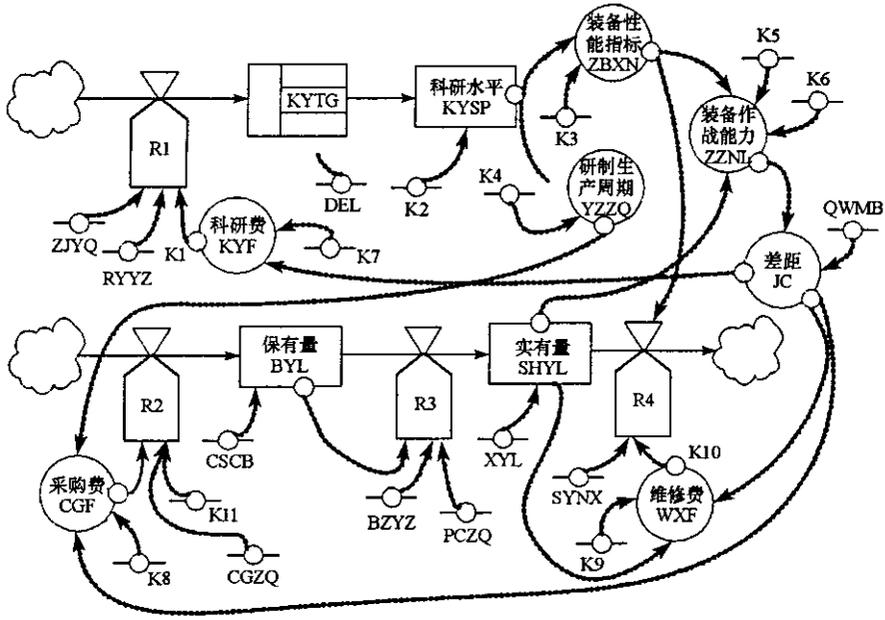


图 2 装备体系作战能力优化流程图

Fig.2 Flow chart for fighting efficiency optimizing of weapon system

率的影响因子,包括科研人员的素质、人员数量等;DEL表示延迟时间,从提高完成项目率到提高科研水平之间的延迟时间;QWMB表示期望达到的作战能力目标值;CSCB表示初始储备,装备形成规模的初始量;BZYZ表示综合保障因子,如使用培训、管理科学化等对补充速率的影响因子;CGZQ表示采购周期,即采购装备所需要的时间周期;PCZQ表示装备补充周期,从装备储备到装备统配,形成战斗力的时间;XYL表示装备的现役量,即编配数量;SYNX表示装备设计的使用年限;R1JB、R2JB、R4JB分别表示不存在差距的情况下基本完成率、基本采购速率、基本淘汰率;KYFJB、CGFJB、WXFJB分别表示不存在差距的情况下基本的科研费、基本采购费、基本维修费。

2.4 基于 DYNAMO 的数学模型^[7-9]

流程图虽然能描述系统要素的因果关系和系统结构,但不能显示系统变量之间的定量关系,不能完全定量描述系统的动态行为,因此还要用结构方程式予以进一步描述。结构方程式是用专门的 DYNAMO 语言建立的方程。在 DYNAMO 中,凡是变量都带有时间下标:K、J 或 KL、JK,K 表示现在时刻,J 表示过去时刻,KL 表示从现在到未来这一小段时间,JK 表示从过去到现在的这一小段时间;另外在 DYNAMO 中,方程的最前面都有标志符号来说明该方程的性质,L 表示流位变量方程,R 表示流率方程,A 表示辅助方程,N 表示为流位变量赋初始值的方程,C 表示给常量赋值的方程,DELINF3 表示 3 阶信息延迟方程。

建立规范的数学模型如下:

$$L \quad KYSP.K = KYSP.J + DT * (KYTG.JK * K2)$$

$$A \quad KYTG.KL = DLINF(R1.K, DEL)$$

$$R \quad R1.KL = R1JB + CJ * KYF.K * K1 * RYYZ/ZJYQ$$

$$A \quad CJ.K = QWMB - ZZNL.K$$

$$A \quad ZZNL.K = ZBXN.K * K5 * SHYL.K * K6$$

$$A \quad ZBXN.K = KYSP.K * K3$$

$$A \quad KYF.K = KYFJB + CJ.K * K7$$

$$L \quad BYL.K = BYL.J + DT * (R3.JK - R2.JK)$$

$$N \quad BYL.K = CSCB$$

$$R \quad R3.KL = BYL.K * BZYZ/PCZQ$$

$$R \quad R2.KL = R2JB + CGF.K * K11/CGZQ$$

$$A \quad CGF.K = CGJB + CJ.K * K8/YZZQ.K$$

$$A \quad YZZQ.K = KYSP.K * K4$$

$$L \quad SHYL.K = SHYL.J + DT * (R4.JK - R3.JK)$$

$$N \quad SHYL = XYL$$

$$R \quad R4.KL = R4JB + WXF.K * K10 / (SYNX * ZBXN)$$

$$A \quad WXF.K = WXFJB + CJ.K * K9 * SHYL.K$$

2.5 模型的几点说明

(1) 设置系数 $K1 \sim K11$ 有两个原因:一是为了统一量纲,使两个不同领域内的量变成可以进行运算的相同量纲的量;二是为了协调数值的范围,使所使用的数值都在一个可以接受的范围内进行运算;

(2) 常数项的确定,应该根据实际数据统计得出,否则影响计算结果及精确度;

(3) 估计参数是个难点,可以利用其它的统计方法或者数值相关分析得出;

(4) 该模型是三阶系统动力学模型,可能存在系统振荡问题,根据具体数值进行仿真实验时,要进行相应的调整或修改;

(5) 进行系统设计时,可以用系数值作为控制变量,可以计算出用多长时间实现目标值,实现目标值需要投入多少费用总量,科研费、采购费、维修费等总量分别为多少和比例问题。

3 武器装备全寿命费用宏观控制仿真实验分析

基于 Windows 2000 操作系统和美国防务系统管理学院开发的费用分析策略评估(CASA: cost analysis strategy assessment)模型软件,利用 Visual Basic 6.0 对基于系统动力学的武器装备全寿命费用控制仿真实验平台进行了开发。

CASA 是一种基于全寿命费用的管理决策辅助工具^[10]。CASA 以武器装备基本单元全寿命周期费用的预测控制为基础,同时还可以对结构单元和总量单元进行全寿命周期费用的预测、控制及灵敏度分析。研究和应用 CASA 软件总体设计思想,对研制适合我军武器装备特点的费用预测与控制分析软件系统具有建设性的意义。

通过该平台,可以对影响武器装备全寿命费用宏观控制的各种因素进行仿真实验,得到对武器装备建设与发展有价值的仿真结论(由于篇幅和保密的原因,本文对仿真实验所涉及的数据不再列出)。以下是部分仿真实验的结果。

图 3 显示了现有装备体系作战能力与期望目标值之间差距变化的过程,从仿真实验开始的 1000 逐渐变化到 0。然而,如果调整装备研制生产周期对采购速率的影响因子,增加因子的影响程度,就可以加快差距的变化,可以由原来的 23 年时间缩短到 20 年时间达到期望值。

图 4 中整个采购速率呈抛物线形状变化,从开始时的缓慢增长,逐渐到达最高点,随之又缓慢减小,整个系统处于平衡状态。在研制生产周期较长的情况下,如最下端一条曲线所示,采购速率变化十分平稳,是因为装备研制生产周期长,可供采购的装备相对较少,即使投入较多的采购费用,也不能得到较多装备,所以采购速率变化不快。随着装备研制生产周期的缩短,采购速率变化越来越快,如上端曲线所示。

4 结束语

本文结合武器装备全寿命周期费用宏观控制的特点,建立了系统动力学模型,并在 CASA 软件的基础上进行了仿真实验平台开发。通过仿真实验分析,可以得到许多对武器装备建设与发展有价值的实验结论。该仿真实验平台不仅可以用于武器装备全寿命费用的宏观控制,还可以作为制定武器装备建设规划计划的辅助决策工具,并提供相关的政策分析,因此具有较好的推广应用价值。

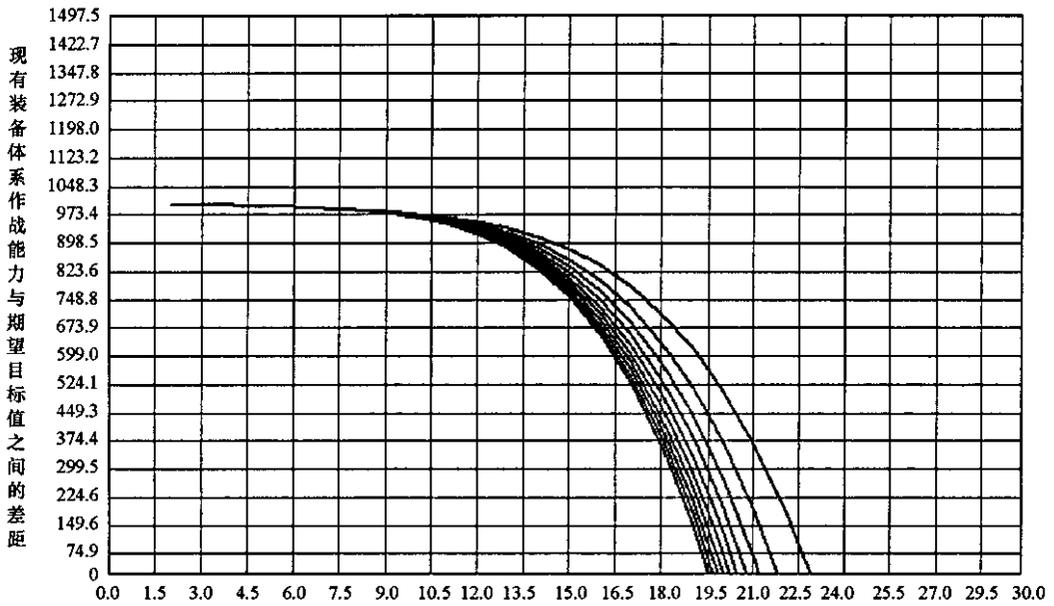


图3 K11变化引起JC的变化图

Fig.3 JC's changing diagram by K11's change

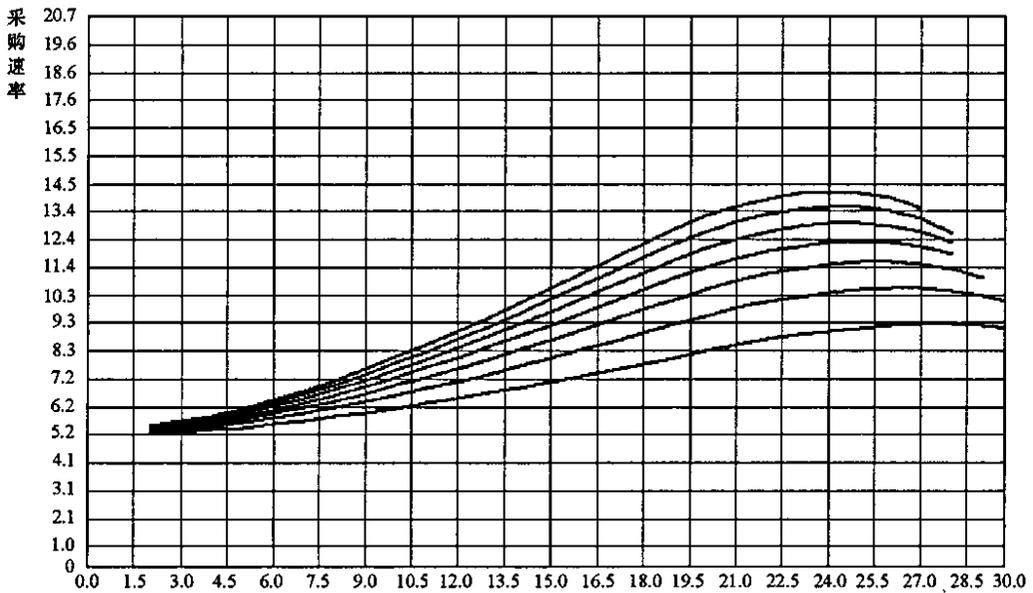


图4 K11变化引起R2的变化图

Fig.4 R2's changing diagram by K11's change

参考文献:

[1] 李明,刘澎,等.武器装备系统论证方法与应用[M].北京:国防工业出版社,2000.
 [2] 徐培德,谭东风.武器系统分析[M].长沙:国防科技大学出版社,2001.
 [3] 汪应洛.系统工程理论、方法与应用[M].北京:高等教育出版社,1997.
 [4] 王可定.计算机模拟及其应用[M].长沙:国防科技大学出版社,1997.
 [5] Gopal N. System Modelling and Analysis[M]. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1982.
 [6] 张金水.经济控制论—动态经济系统分析方法与应用[M].北京:清华大学出版社,1999.
 [7] 余汉评,等.装备实用技术经济分析[M].北京:兵器工业出版社,2000.
 [8] 朱松山,唐大德,等.武器装备经济基本理论[M].北京:国防工业出版社,2002.
 [9] 任少龙,等.武器装备全寿命费用分析及管理措施研究[J].火力与指挥控制,2002,27(3).
 [10] Giordano N. Engineering, Logistics, and Field Support Center Cost Analysis Strategy Assessment (CASA) Training Practical Exercise[R]. U.S. Army Materiel Command, 2003.

