

doi: 10.7690/bgzdh.2015.09.009

基于作战能力的装备经费比例优化方法

吴宝军¹, 葛 阳²

(1. 军械工程学院训练部, 石家庄 050003; 2. 中国人民解放军 76127 部队, 湖南 郴州 424202)

摘要: 为使装备经费效益最大化, 构建一种装备经费比例优化模型。通过分析装备经费的影响因素以及各类经费之间的影响关系, 建立装备经费基本模型。以最早实现期望的装备作战能力为目标, 以各类装备经费比例为控制变量, 构建装备经费整体优化模型, 给出模型的求解方法, 并通过示例进行验证。验证结果表明: 该模型是有效、可行的, 可为提高装备经费效益提供理论参考。

关键词: 装备经费; 经费比例; 优化模型

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Optimization Method for Equipment Expenses Proportion Based on Fighting Efficiency

Wu Baojun¹, Ge Yang²

(1. Department of Training, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;
2. No. 76127 Unit of PLA, Chenzhou 424202, China)

Abstract: In order to make equipment expenses produce the best performance, build an equipment expenses proportion optimization model. Through analyzing equipment expenses influence factor and influence relation among different expenses, establish equipment expense basic model. Take the earliest expectation realization of equipment fight performance as object, use equipment expense proportion as control variables, establish equipment expense overall optimization model, give model solving method and verify it by example. The results show that, the model is effectively, usable and it can provide theoretical support for distributing equipment expenses reasonably.

Keywords: equipment expenses; expenses proportion; optimization model

0 引言

从装备全寿命角度, 从装备研制开始到装备退役报废, 可将装备经费分为研制费、购置费、培训费、维修费和退役处置费等^[1]。其中, 装备研制费、装备购置费、装备培训费主要用于增强装备的作战能力, 统称为装备建设性经费; 装备维修费和装备退役处置费主要用于现役装备作战能力的维持, 统称为装备维持性经费。另外, 装备经费还包括一些装备专项经费, 如装备的升级改造费用。

由于装备总经费有限, 如何进行经费分配(如何确定各类装备经费比例)才能产生最大的效益, 便成为一个急需解决的问题。陈国卫等^[2]利用系统动力学对装备经费结构进行动态分析, 并给出了进行动态分析的主要步骤; 姜晓峰等^[3]利用装备边际性能递减规律, 探讨了武器装备发展过程中经费资源的分配问题, 并对优化武器装备经费支出结构进行了理论分析。从相关研究现状来看, 装备经费比例优化是一个热点问题, 但相关研究理论分析多, 没有给出具体可操作的优化方法。为此, 笔者重点研究装备研制费、装备购置费、装备维修费(简称

装备三费)三者之间比例关系的确定方法。

1 装备经费影响因素分析

1) 装备总经费。

装备总经费是研制费、购置费和维修费之和, 装备研制费随着物价水平、国家经济实力的增强, 每年的投入会有一定的增加, 为了便于研究, 这里假设装备总经费每年按固定比例增长。

2) 装备研制费。

装备研制费的投入影响装备科研试验、参与研制人员的数量、素质等, 进而影响装备整体科研水平, 装备科研水平直接关系研制装备的整体性能, 装备的性能则关系其作战能力。一般情况下, 装备研制费投入越多, 研制出装备的整体性能就越高。

3) 装备购置费。

装备购置费的投入影响可采购装备的数量, 采购装备的数量则影响储备装备的数量, 储备装备的数量则影响补充部队装备的数量, 即在役装备数量, 关乎装备的整体作战能力。一般情况下, 装备购置费投入越多, 装备的整体作战能力就会越高。

4) 装备维修费。

收稿日期: 2015-05-16; 修回日期: 2015-07-06

作者简介: 吴宝军(1977—), 男, 河北人, 硕士, 高工, 从事装备经济学、装备保障学、装备维修决策、装备维修器材储存与供应研究。

随着储备时间或服役时间的增加,装备性能一般呈整体下降趋势,需要一定的维修费用来控制减缓装备性能下降的速度^[4];所以,装备维修费影响储备装备性能和在役装备性能。另外,在役装备会发生故障,需要一定的维修费进行修复,所以,装备维修费投入的多少关系在役装备的完好率,影响在役装备的数量。

因此,装备维修费与装备购置费、装备研制费之间存在一定的相互制约关系^[5]。通过以上分析,可以得到装备经费之间的影响关系如图 1 所示。

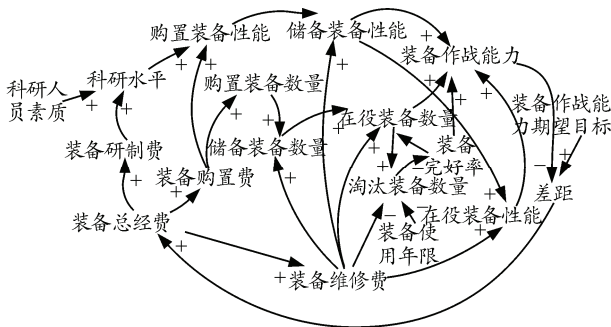


图 1 装备经费影响因素之间的影响关系

2 装备经费基本模型

2.1 装备经费

1) 装备总经费。

装备总经费一般每年保持一定增长率,当装备作战能力达到期望目标时停止增长^[6],其流程图如图 2 所示。

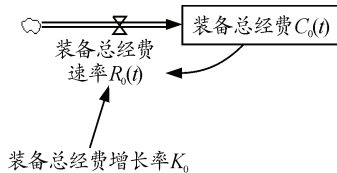


图 2 装备总经费流量

记: K_0 为装备总经费年度增长率,则第 t 年装备总经费=第 $t-1$ 年装备总经费 $\times(1+$ 经费年度增长率),即

$$C_0(t) = C_0(t-1)(1 + K_0). \quad (1)$$

式中 K_0 为常量。当 $K_0=0$ 时,表示装备经费没有变化。

装备总经费速率($R_0(t)$)是指单位时间(1年内)装备总经费的增加量值。如 $R_0(t)=500$ 万元/a,即表示装备经费在上年的基础上增加 500 万元。可得:

$$R_0(t) = \frac{\Delta C_0(t)}{\Delta t} = \frac{C_0(t) - C_0(t-\Delta t)}{\Delta t} = \frac{C_0(t) - C_0(t-1)}{t - (t-1)} = C_0(t-1)K_0. \quad (2)$$

式中: $R_0(t)$ 为第 t 年装备总经费增加量,万元; $C_0(t-1)$ 为第 $t-1$ 年装备总经费,万元。

2) 装备研制费。

装备研制费等于装备总经费乘以装备研制费比例,即

$$C_1(t) = P_1 C_0(t). \quad (3)$$

式中: $C_1(t)$ 为第 t 年装备研制费,万元; P_1 为装备研制费比例。

3) 装备购置费。

装备购置费等于装备总经费乘以装备购置费比例^[7],即

$$C_2(t) = P_2 C_0(t). \quad (4)$$

式中: $C_2(t)$ 为第 t 年装备购置费,万元; P_2 为装备购置费比例。

4) 装备维修费。

装备维修费等于装备总经费乘以装备维修费比例,即

$$C_3(t) = P_3 C_0(t). \quad (5)$$

式中: $C_3(t)$ 为第 t 年装备维修费,万元; P_3 为装备维修费比例。

由于, $C_0(t) = C_1(t) + C_2(t) + C_3(t)$, 因此, $P_1 + P_2 + P_3 = 1$ 。

2.2 科研水平

科研水平受到技术应用水平、科研人员素质和研制费投入等因素影响,如图 3 所示。

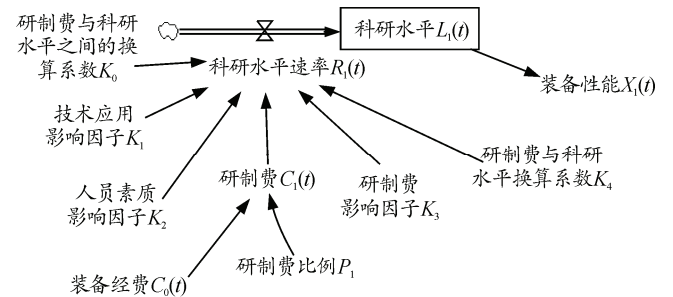


图 3 科研水平流量

1) 技术应用水平。

目前,与装备相关的大量理论和技术并不一定全部都能应用到装备研制中,只能有一定比例的技术可以在装备研制中得以应用。

记: K_1 为已有技术可以应用与装备研制的比例因子, $K_1 \in [0,1]$, $K_1=0$ 表示所有技术都不能应用于装备的研制, $K_1=1$ 表示所有技术均可以应用于装备的研制。一般可取 $K_1=0.8$ 。

2) 科研人员素质。

科研人员是实现科研水平发展的主体，科研人员素质关系科研水平发展的快慢，因此，需要一个衡量科研人员素质与科研水平提高量之间量化关系的比例因子。

记： K_1 为表示科研人员素质对科研水平提高量的影响因子， $K_2 \in [0, 1]$ ， $K_2=0$ 表示研制人员无法完成研制任务， $K_2=1$ 表示研制人员可以完成全部研制任务。可取 $K_2=0.9$ 。

3) 装备研制费。

装备研制费是科研水平发展的基础，是维持科研活动的必备条件，装备研制费主要用于装备研制中的管理和科研水平的提高^[8]。

记： K_1 为表示科研水平提高费用占装备研制费比例值， $K_3 \in [0, 1]$ ， $K_3=0$ 表示研制经费对科研水平提高没有作用， $K_3=1$ 表示研制经费可以全部转化成科研水平提高率。可取 $K_3=0.7$ 。

4) 科研水平。

一般情况下，研制费投入越多，科研水平提高量越高。科研水平速率的数学模型可以表示为

$$R_1(t) = \frac{\Delta L_1(t)}{\Delta t} = K_4 K_1 K_2 K_3 \frac{\Delta C_1(t)}{\Delta t} = K_4 K_1 K_2 K_3 P_1 \Delta C_0(t) = K_4 K_1 K_2 K_3 P_1 R_0(t) \quad (6)$$

式中： $R_1(t)$ 为第 t 年科研水平提高量， $1/a$ ； $L_1(t)$ 为第 t 年科研水平； K_4 为装备研制费与科研水平之间的换算系数， $1/\text{万元}$ ，可取 $K_4=0.001/\text{万元}$ （设置 K_4 的目的是为了统一量纲，并协调数值范围在一个可以接受的范围内）。

第 t 年科研水平等于第 $t-1$ 年科研水平加上第 t 年科研水平提高量，数学模型可表示为

$$L_1(t) = L_1(t-1) + R_1(t)\Delta t = L_1(t-1) + R_1(t) \quad (7)$$

2.3 装备数量

装备数量是携行装备数量、采购装备数量、淘汰装备数量和储备装备数量等的统称。每年会采购一定数量的装备，采购后会先进储备，储备的装备按一定规律配备部队。随着技术进步、装备服役时间增加、装备维修成本增大等，每年也会淘汰一定数量的装备。装备数量的流量如图 4 所示。

1) 装备采购速率。

装备采购速率主要受装备采购费率的影响，用数学模型可表示为

$$R_2(t) = \frac{\Delta C_2(t)}{\Delta t C_d} = \frac{P_2 R_0(t)}{C_d} \quad (8)$$

式中： $R_2(t)$ 为第 t 年装备采购速率， $\text{门}/a$ ； C_d 为装

备平均单价， $\text{万元}/\text{门}$ ，可取 $C_d=20 \text{ 万元}/\text{门}$ 。

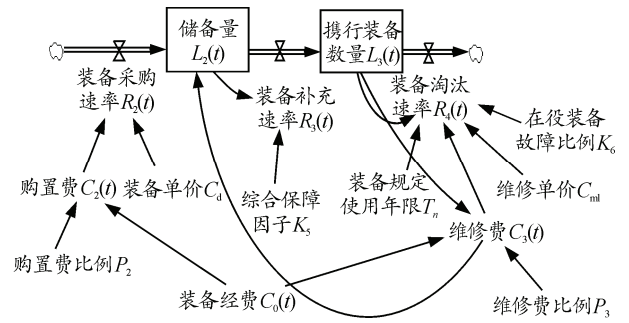


图 4 装备数量流量

2) 装备储备速率。

装备储备数量是随时间发生变化的，每年会采购一定数量的装备进行储备，同时也会将一定数量的储备装备补充到部队，因此，装备储备速率=装备采购速率-装备补充速率，即

$$\frac{\Delta L_2(t)}{\Delta t} = R_2(t) - R_3(t) \quad (9)$$

式中： $L_2(t)$ 为第 t 年装备储备数量， 门 ； $R_3(t)$ 为第 t 年装备补充速率， $\text{门}/a$ 。

装备储备数量可用下式计算：

$$L_2(t) = L_2(t-1) + [R_2(t) - R_3(t)]\Delta t = L_2(t-1) + R_2(t) - R_3(t) \quad (10)$$

式中 $L_2(t-1)$ 为第 $t-1$ 年装备储备量， 门 。

3) 补充速率。

装备补充数量受储备量以及综合保障因子影响，用数学模型可以表示为

$$R_3(t) = K_5 \frac{\Delta L_2(t)}{\Delta t} = K_5 [R_2(t) - R_3(t)] \quad (11)$$

整理得：

$$R_3(t) = \frac{K_5 R_2(t)}{1 + K_5} = \frac{K_5 P_2 R_0(t)}{(1 + K_5) C_d} \quad (12)$$

式中 K_5 为综合保障因子，是指补充装备数量与储备装备数量的比值，可取 $K_5=0.5$ 。

4) 携行装备数量

第 t 年携行装备数量=第 $t-1$ 年装备数量+第 t 年装备补充数量-第 t 年装备淘汰数量，数学模型可以表示为

$$L_3(t) = L_3(t-1) + [R_3(t) - R_4(t)]\Delta t = L_3(t-1) + R_3(t) - R_4(t) \quad (13)$$

式中： $L_3(t)$ 为第 t 年携行装备数量， 门 ； $L_3(t-1)$ 为第 $t-1$ 年携行装备数量，也称在役装备数量， 门 ； $R_4(t)$ 为装备淘汰速率， $\text{门}/a$ 。

5) 装备淘汰速率。

由于装备失修、退役报废等原因，每年要淘汰一定数量的装备。装备淘汰数量受携行装备数量、装备性能、维修费和维修费影响因子的影响，数学模型可以表示为

$$L_4(t) = \frac{L_3(t)}{T_n} + \left[L_3(t) - \frac{L_3(t)}{T_n} \right] K_6 (1 - K_7) \quad (14)$$

需要说明的是：为了简化计算，这里将因为维修费不足导致装备失修的数量也计入了淘汰装备数量。

式中： $L_4(t)$ 为第 t 年装备淘汰数量，门； T_n 为装备使用年限，年，可取 $T_n=20$ a； $\frac{L_3(t)}{T_n}$ 为第 t 年退役装备数量，门/a； K_6 为在役装备平均故障比例；取 $K_6=0.2$ ； $\left[L_3(t) - \frac{L_3(t)}{T_n} \right] K_6$ 为第 t 年故障装备数量，门； K_7 为在役装备修复率。

在役装备修复率 = 在役装备维修费 / (在役装备数量 × 在役装备损坏率 × 维修单价)，最大为 1。

$$K_7 = \min \left\{ \frac{C_3(t)K_8}{\left[L_3(t) - \frac{L_3(t)}{T_n} \right] K_6 C_{m1}}, 1 \right\}$$

式中： K_8 为在役装备修复维修费占装备维修费比例，可取 $K_8=0.3$ ； C_{m1} 为在役装备平均修复性维修单价，万元/门。

装备淘汰速率

$$R_4(t) = \frac{\Delta L_4(t)}{\Delta t} = \frac{R_3(t) - R_4(t)}{T_n} + \left[R_3(t) - R_4(t) - \frac{R_3(t) - R_4(t)}{T_n} \right] K_6 \cdot \left(1 - \min \left\{ \frac{P_3 R_0(t) K_8}{\left[R_3(t) - R_4(t) - \frac{R_3(t) - R_4(t)}{T_n} \right] K_6 C_{m1}}, 1 \right\} \right)$$

进一步整理可得

$$R_4(t) = \max \left\{ \frac{R_3(t)}{1 + T_n}, \frac{1 - K_6 + T_n}{1 - K_6 + 2T_n} R_3(t) - \frac{T_n P_3 R_0(t)}{(1 - K_6 + 2T_n) C_{m1}} \right\} \quad (15)$$

2.4 装备性能

装备性能从新品到报废整个过程中，整体上呈

下降趋势，新品时装备性能最好，报废时性能归零。为了便于研究，这里按装备流动环节分为购置装备性能、储备装备性能和在役装备性能，从平均水平来看，购置装备性能要好于储备装备性能，储备装备性能要好于在役装备性能。

装备购置性能与科研水平有关，可用科研水平乘以其影响因子表示，即

$$X_1(t) = K_9 L_1(t) \quad (16)$$

式中： $X_1(t)$ 为第 t 年购置装备性能， K_9 为科研水平对装备性能的影响因子，即科研水平与装备性能之间的换算系数，取 $K_9=0.6$ 。

储备装备性能 = (初始数量 × 初始性能 × 储备完好率 + 购置数量 × 购置性能) / (初始数量 + 购置数量)，即

$$X_2(t) = \frac{L_2(t-1)X_2(t-1)K_{10} + R_2(t)X_1(t)}{L_2(t-1) + R_2(t)} \quad (17)$$

式中 K_{10} 为储备装备完好率。

储备装备完好率 = 1 - 储备装备损坏率 × (1 - 储备装备修复率)，即

$$K_{10} = 1 - K_{11}(1 - K_{12})$$

式中： K_{11} 为储备装备损坏率，可取 $K_{11}=0.01$ ； K_{12} 为储备装备修复率。

储备装备修复率 = 储备装备维修费 / (初始储备数量 × 储备装备损坏率 × 储备装备维修单价)，最大为 1。

$$K_{12} = \min \left\{ \frac{C_3(t)K_{13}}{L_2(t-1)K_{11}C_{m2}}, 1 \right\}$$

式中： K_{13} 为储备装备维修费占装备维修费的比例，可取 $K_{11}=0.1$ ； C_{m2} 为储备装备维修单价，万元/门。

随着服役时间的增多，装备老化，性能退化，在役装备性能整体上呈下降趋势。通过维修可以减缓装备性能退化的速度，维修费的投入则影响在役装备的性能，维修费太少，装备性能退化快，维修费超过一定值(在役装备数量 × 维修单价)后，对在役装备性能退化的减缓不起作用。因此，在役装备的性能可以用指数函数表示。

第 t 年在役装备性能 = 第 $t-1$ 年在役装备性能 × (1 - (1 - K_{12}) exp(-在役装备维修费 / (在役数量 × 维修单价)))，即

$$X_3(t) = \left[1 - (1 - K_{12}) e^{-\frac{C_3(t)(1 - K_8 - K_{13})}{L_3(t-1)C_{m3}}} \right] X_3(t-1) \quad (18)$$

式中： K_{12} 为当维修费为零时装备可以保持初始性

能的比例系数，可取 $K_{12}=1/3$ ； $1-K_8-K_{13}$ 为在役装备预防性维修经费占装备维修经费的比例，根据 K_8 和 K_{13} 取值，可知 $1-K_8-K_{13}=0.6$ ； C_{m3} 为在役装备平均维修单价，万元/门。

2.5 装备作战能力

装备作战能力影响因素如图 5 所示。

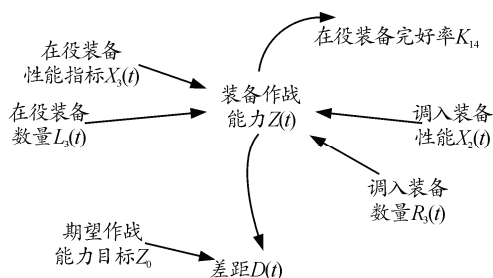


图 5 装备作战能力影响因素

作战能力 = 在役数量 × 在役装备性能 × 在役装备完好率 + 调入数量 × 储备装备性能，即

$$Z(t) = L_3(t-1)X_3(t)K_{14} + R_3(t)X_2(t) \quad (19)$$

式中： $Z(t)$ 为第 t 年装备作战能力； K_{14} 为在役装备完好率。

在役装备完好率 = $1 - \text{在役装备损坏率} \times (1 - \text{在役装备修复率})$ ，即

$$K_{14} = 1 - K_6(1 - K_7)$$

3 装备经费比例优化目标模型

装备整体作战能力受多种因素影响，在具体分析过程中常考虑的是装备整体作战能力与目标值（或理想值）接近程度，越接近越好。随着装备经费的投入，装备整体作战能力不断接近期望目标，经过一定时间的积累，最终达到或超过期望目标。

为便于描述装备整体作战能力与期望目标之间的接近程度，笔者引入装备作战能力差距变量，装备作战能力差距是指第 t 年装备作战能力与装备作战能力期望目标之间的差，用数学模型表示为

$$D(t) = Z_0 - Z(t) \quad (20)$$

式中： $D(t)$ 为第 t 年装备作战能力与期望作战能力之前的差距； Z_0 为期望作战能力，无量纲。

当 $D(t) > 0$ 时，说明装备整体作战能力还没有达到期望目标；当 $D(t) = 0$ 时，说明装备整体作战能力恰好达到期望目标；当 $D(t) < 0$ 时，说明装备整体作战能力已经超过期望目标。

对于给定的目标函数 $D(t)$ ，它是由式 (1)、式 (3)~式 (5)、式 (7)~式 (8)、式 (11)、式 (14)~式 (19)，

变量装备总经费初值 $C_0(0)$ 、装备总经费增长率 K_0 、科研水平初值 $L_1(0)$ 、装备储备量初值 $L_2(0)$ 、携行装备数量初值 $L_3(0)$ 以及装备作战能力期望目标 Z_0 和装备经费比例 P_1 、 P_2 、 P_3 组成的微分方程组确定，可采用解析法或数值计算法求解，给定初始值后，可解出 $D(t)$ 函数值或曲线，令 $D(t) = 0$ ，得到装备作战能力与期望值之间差距为零时所需的时间，记为 T_0 ，即 $t = T_0$ 时，装备整体作战能力达到期望值。

影响 $D(t)$ 的参数有很多，涉及装备经费分配的参数主要有装备总经费初值 $C_0(0)$ 、装备总经费增长率 K_0 、科研水平初值 $L_1(0)$ 、装备储备量初值 $L_2(0)$ 、携行装备数量初值 $L_3(0)$ 以及装备作战能力期望目标 Z_0 和装备经费比例 P_1 、 P_2 、 P_3 等，均影响输出结果。这些参数中，笔者主要关心装备经费的宏观参数 P_1 、 P_2 、 P_3 值，因为装备经费比例直接关系装备经费的投入量，进而影响年度工作决策。

在装备经费比例 P_1 、 P_2 、 P_3 固定，装备总经费初值 $C_0(0)$ 、装备总经费增长率 K_0 、科研水平初值 $L_1(0)$ 、装备储备量初值 $L_2(0)$ 、携行装备数量初值 $L_3(0)$ 以及装备作战能力期望目标 Z_0 等变量初值已知的条件下，综合装备经费基本模型，逐年计算出装备作战能力差距 $D(t)$ ，当 $D(t) \leq 0$ 时，说明当年装备整体作战能力已经达到或超过装备作战能力的期望值，停止计算，记此时已经历时间为 T_0 ， T_0 即为实现装备作战能力期望的时间（年限）。当装备作战能力实现期望目标时的 T_0 越小，说明完成目标的时限越短，效率越高，具体优化流程如下：

1) 输入基本条件。输入装备总经费初值 $C_0(0)$ 、装备总经费增长率 K_0 、科研水平初值 $L_1(0)$ 、装备储备量初值 $L_2(0)$ 、携行装备数量初值 $L_3(0)$ 、装备作战能力期望目标 Z_0 等变量初值以及各影响因子 $K_j(j=1,2,\dots,9)$ 。

2) 输入装备经费比例。由于 P_1 、 P_2 、 P_3 都是介于 $[0,1]$ 之间的连续变量，可以分为无限多组比例。实际工作过程并不需要非常精确的比例关系，例如精确到小数点后两位即可满足要求，可以根据实际需要，取一定的步长（如 0.01），列出所有可能的比例，设总的比例组数为 N 。

3) 计算实现作战能力目标所需时间。利用装备经费基本模型，从第 1 组装备经费比例开始，计算出每一年装备作战能力差距值，当差距 $D(t) \leq 0$ 时，说明当年装备整体作战能力已经达到或超过装备作战能力的期望值，停止计算，输出时间 t 。接着

计算第 2 组装备经费比例每一年装备作战能力差距值，并获取装备作战能力达标时的时间 t ，以此类推，完成第 N 组装备经费比例每一年装备作战能力差距值，并获取装备作战能力达标时的时间 t 。

4) 确定最佳经费比例。从步骤 3) 中选择装备作战能力达标时最短的时间 t 对应的一组比例即为最佳装备经费比例。基本计算流程如图 6 所示。

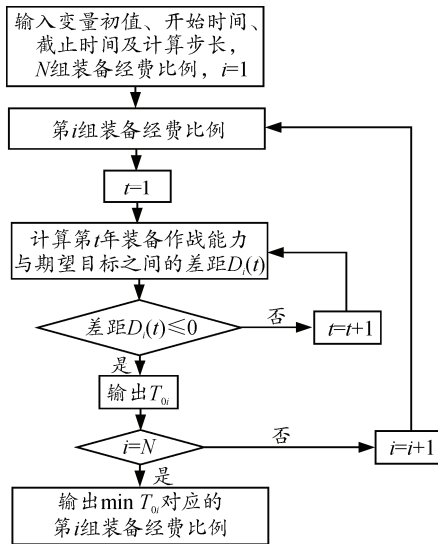


图 6 装备经费比例优化流程

4 算例分析

已知装备总经费初始值 $C_0(0)=200.00$ 万元，科研水平初始值 $L_1(0)=40$ ，装备储备量初始值 $L_2(0)=30$ 门，装备携行数量初始值 $L_3(0)=80$ 门，装备平均使用年限 $T_n=20$ a，装备作战能力期望目标 $Z_0=1\ 000$ ，初始时间为 2012 年。试求实现装备作战能力期望目标的装备经费比例 P_1 、 P_2 、 P_3 。

首先，给出固定装备经费比例情况下，装备作战能力差距。取 3 组装备经费比例如表 1 所示。

表 1 装备经费比例方案 %

方案	P_1	P_2	P_3
1	15	35	50
2	12	40	48
3	20	40	40

计算出每年装备作战能力差距，部分结果如表 2 所示，装备作战能力差距随时间变化曲线如图 7。

表 2 装备作战能力差距

年份	方案 1	方案 2	方案 3	年份	方案 1	方案 2	方案 3
2012	205.0	207.3	230.7	2025	141.1	136.4	228.4
2013	206.9	209.8	241.7	2026	130.5	124.4	222.7
2014	206.7	210.0	248.8	2027	119.0	111.3	216.5
2019	188.0	189.6	252.3	2033	24.1	3.6	165.4
2020	181.9	182.7	249.6	2034	2.8	-20.5	154.0
2021	175.2	175.1	246.3	2035	-20.4	—	141.5

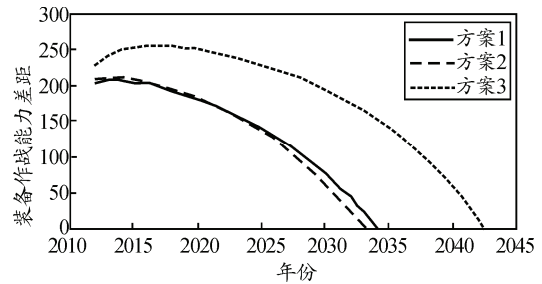


图 7 不同装备经费比例情况下装备作战能力差距

从表 3 可以看出，装备经费最佳比例为方案 2：装备研制费比例 $P_1=12\%$ ，装备购置费比例 $P_2=40\%$ ，装备维修费比例 $P_3=48\%$ 。

表 3 装备作战能力达到目标所需时间 %

方案	P_1	P_2	P_3	达到目标时间/a
1	15	35	50	22
2	12	40	48	21
3	20	40	40	31

由图 7 可以看出：装备经费比例不同情况下，随着时间的变化装备整体作战能力也不同。其中方案 2 基本上到 2033 年即可实现装备期望作战能力，而方案 1 要比方案 2 晚 1 年(即 2034 年)才能实现期望目标。由此可以看出，装备经费比例对装备建设具有重要的影响，关系到装备建设目标实现的速度。

同理，利用图 6 的优化流程，遍历所有的装备经费比例，可求得装备经费的最佳比例为 $P_1=2\%$ ， $P_2=46\%$ ， $P_3=52\%$ ，到 2028 年即可实现装备作战能力期望目标，装备经费比例与实现作战能力目标时间三维效果图如图 8 所示。

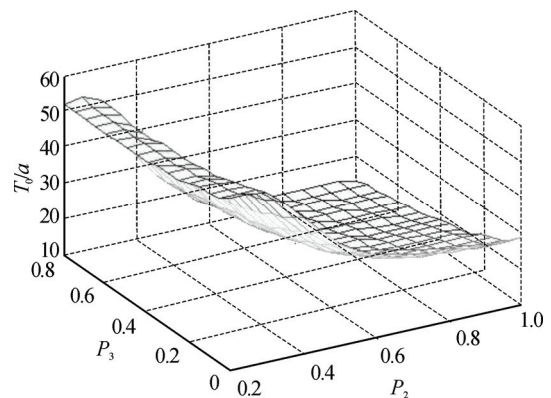


图 8 装备经费比例与实现作战能力目标年限

由图 8 可以看出：装备经费比例对装备作战能力目标实现年限的影响比较灵敏，说明了所建模型的有效性，也说明装备经费比例对装备经费的效果具有重要的影响作用，影响装备建设的效率。