

# 第 12 章 轮式自行火炮系统的研制成本分析

## 12.1 概 述

### 12.1.1 意义

轮式自行火炮系统型号项目研制是一个结构复杂、工程量大、研制生产周期较长,涉及工程技术领域多的系统工程。在项目实施时,研制费用的准确估算、合理分配和有效控制成为研制项目能够保质、保量、按时、低费用、高效率完成的关键因素之一。然而,在过去的研制过程中,我国武器装备研制费用出现了较大的超支现象,而且超支的同时伴随着拖进度和降低战术技术指标的现象。在向市场经济转轨的情况下,我国装备研制费超支有加剧的趋势。所以,控制武器系统费用增长,节约研制费用,提高武器装备的效费比是我国军方十分关注的重大问题之一。

从装备的规划、立项论证、技术状态的确定,到产品的研制、定型,基本上都是由计划部门和业务部门来完成,在进行装备经济性分析时,主要是依据现有装备的价格水平,考虑一定的增长幅度,作为费用预算的标准,财务部门很少甚至没有参与项目的经济性分析。最终由于费用控制论证不充分、不全面,经费概算不准确,往往导致装备研制实际费用大幅度超过预算。军方管理部门已经意识到装备研制费用,即经济性要求的重要性,一些型号研制项目在规定战技指标的同时,明确了经济性指标要求。

在充分遵照工程预算法和参数预算法原则的基础上,建立能够通用的、准确的轮式自行火炮系统的研制费用分析模型,对轮式自行火炮系统的研制成本进行分析,可为该类武器装备研制的费用控制提供依据。

### 12.1.2 国内外武器系统研制成本现状分析

美国为了有效管理武器装备研制项目的费用,在武器系统的研制阶段主张搞分解结构,研究分系统级的参数模型,并建立了相应的管理机构及费用估算报告制度。为加强全寿命费用管理,美国重要武器系统采办管理可分为国防部、各军种(或国防部各业务局)和型号办公室三级。费用分析也分为三级,国防部长办公厅内设立费用分析改进小组(CAIG);各军种或业务局设立费用分析小组(CAG);型号办公室也设费用分析小组(CAG)。CAIG 的职责是:担

任计划采办阶段决策机构在费用方面的首席咨询团,负责对各军种或业务局上报的独立费用估算报告和型号办公室提出的费用估算报告进行审查并给出评估意见,而后上报国防采办委员会。主要任务有:作独立的LCC分析;为阶段审查提供全寿命费用报告,并为是否推迟阶段或计划审查提供建议;指出国防部各部门或型号办公室费用估算的不足之处;作风险评估;对费用有重大影响的问题进行分析;为采办管理中的费用术语确立标准的定义;制定和实施改进费用估算程序、方法和数据等方面的政策;制定承包商费用数据报告系统的政策指南;召集年度国防部费用分析研讨会;修改和完善费用数据库。各军种的CAG负责提交独立的不属于采办链路的费用分析报告(DOD CCA)。型号办公室的CAG负责提出它的费用估算报告(POE)。从中可以清晰地看出,美国对武器装备研制型号项目的费用管理建立了层层制约又相互合作的管理机构,广泛采用了工程估算法估算项目的全周期费用。

我国的武器装备经济性和费用分析主要集中在研制阶段,既不全面也不规范,而且范围狭窄。对武器装备的费用分析,定性分析多于定量分析,且偏重于定性分析,估算不准确。具体表现如下:

① 在用参数模型分析经费时存在样本少、数据不全、统计不准、分析基础薄弱等问题。而等价值工程比的取值尚处于初步研究阶段。

② 参数模型大多是武器装备全系统级的费用模型,但是全系统级研制费用参数估算模型的精度与可信度都比较低。

③ 参数估算法是研制初始阶段首选的费用估算方法,然而我国目前把参数法用于研制的各个阶段,在全面研制阶段工程法用之甚少。

④ 武器装备研制项目每进入一个新阶段,以前的费用估算至少要做一次修订。随着研制工作的进展采用估算方法应该越来越详细、精确。然而,随着研制进程的不断深入我国现阶段武器系统研制项目终身沿用一次费用估算的方法,缺少反复修正模型的工作。

⑤ 轮式自行火炮系统的研制工作中,目前还没有较为准确的费用分析模型。

## 12.2 轮式自行火炮系统研制费用估算法

### 12.2.1 参数法

参数法也称费用估计关系(Cost Estimate Relation,缩写为CER),使用这种方法时,首先要确定那些典型的且与费用相关的参数和变量,然后用现有数据进行拟合,并通过拟合曲线把费用与参数联系起来。该方法利用了统计回归分析技术,而且在回归分析中可以增大采样量,以提高估算精度和减少估算的误差风险。这种方法简单,比较经济,已经越来越普遍被采用。该方法主要用于确定系统中一些关键的或比较重要部件的费用,建立费用参数间的

关系时,也选用一些关键性的参数。

### 12.2.2 类比法

类比法主要是在已知费用的系统与准备进行费用估算的系统之间建立费用估算关系。即根据已知费用的系统去推算被估算系统的费用。例如,已知某轮式自行火炮系统火力部分的总费用,算出每千克战斗部的单价,再利用此单价去类推另一新研制(或准备研制)的轮式自行火炮系统火力部分的费用。类比法用于新研制装备与现有型号具有类似的功能,而且其结构和性能特性与现有装备又是可比的情况,此法误差较大,所以很少独立使用。

### 12.2.3 工程估算法

工程估算法要根据装备研制项目工程图样,将研制项目系统分解为若干个分系统,每一个分系统又可以分为若干个子系统,如此分解下去直至不能够分解为止,从而得到项目系统的树形结构,即项目的分解结构图,然后按照每一个系统构成要素估算子系统的费用,构成子系统的费用手册,而自下而上将每个系统估算出的费用,汇总在一起累加起来,最终汇总出装备研制的总费用。这种方法对被估算的项目方案和个个分系统的技术方案和每个分系统的技术方案要求很细化,系统比较具体,因为分析得越细,估算的费用也就越精确,其弊端一是工作量增加,一是对估算人员提出了很高的要求,必须对国防项目系统要有详尽的了解:不仅要了解装备的略图、工程图以及装备系统所作的描述,而且还应详细了解装备的生产过程,使用方法和条件,保障方案以及历史资料和数据等等,才能够将费用的项目分解精确。工程估算法可称为技术分析法,是最精细、费用最高的项目估算方法。由于此方法是数据长期积累的过程,而且程序复杂,目前,国内武器装备费用管理部门很少采用此方法估算武器装备的研制、生产等费用。

### 12.2.4 神经网络方法

神经网络方法包括BP神经网络方法和小波神经网络方法。BP(Back Propagation)神经网络方法一般采用三层BP(误差反向传播)网络,将对费用影响较大的战术技术性能指标或结构参数作为神经网络的输入,费用作为输出,用足够的样本训练这个网络,一旦训练完毕,便可作为一种有效的工具,去估算新型号的费用。神经网络方法具有良好的非线性功能、自学功能,但需要大量样本训练模型,适用于批量比较大的装备。其中小波神经网络方法尚处于理论研究阶段;BP神经网络方法如果在数据不充分或映射不完全的情况下,可能找不到满意的解或出现局部收敛解。



### 12.2.5 遗传算法融合神经网络方法

用三层前馈神经网络作为遗传搜索问题,改进的遗传算法和前馈神经网络杂交算法具有快速学习网络权重的能力,并且能够摆脱局部极小点的困扰。遗传算法融合神经网络方法可改善单独使用遗传算法确定的参数组合比较粗糙以及单纯使用BP算法收敛性差、易陷入局部极小点等问题。

### 12.2.6 时间—费用模型

时间—费用模型具有一定的预测功能,可为计划、控制和分配经费提供一种量化的方法。时间—费用模型主要用于分配和控制系统研制、生产过程中相应年份(月份)的投资强度和总费用的需求量。

## 12.3 建立费用估算模型时应考虑的事项

### 12.3.1 影响研制费用分析方法的因素

自行火炮系统费用分析人员应当了解费用分析的影响因素。在收集到了数据、并对数据作了规范化与鉴定之后,下一项任务就是估算每一类费用。对于具体种类的费用来说,最适宜的估算方法可能决定于许多因素。在这些因素中包括:

- ① 进行费用估算时,自行火炮系统是处于寿命周期中的哪一个阶段。
- ② 是否能够得到历史性的费用数据。
- ③ 能够取得的费用数据详细程度。
- ④ 能够取得的系统规格(设计特性、工作特性和使用特性)的详细程度。
- ⑤ 用于编制费用概算的时间。

### 12.3.2 确定估算方法的使用范围

在概念描述阶段的初期,只能得到有限的设计数据,而且在系统规格、研制要求和生产要求上都存在着相当大的不确定性,因此,只能编制按绝对值规则计算的费用概算。在此阶段中,采用参数费用估算方法和类推费用估算方法都特别合适。国防部的文件可能提出,统计参数方法是编制初期费用概算的方法,但是,在历史性费用数据样本不充分的情况下,往往不能