

军用飞机型号研制试飞费用估算研究

Research on Costs Estimate of Military Aircraft Flight

梁红 / 中国人民解放军92728部队

摘要:在借鉴国外经验的基础上,对国内军用飞机型号研制试飞费用的构成进行了研究,提出基于兰德DAPCA IV模型的军用飞机型号研制试飞费用估算模型,为试飞费用的估算提供了依据。

关键词: 军用飞机; 型号; 试飞; 费用; 估算

Keywords: military aircraft; model development; flight; costs; estimate

0 引言

飞行试验是在真实飞行条件下进行科学研究和产品试验的过程^[1]。现代飞机采用了大量先进技术和先进材料,给飞行试验带来了挑战,试飞规模和技术难度越来越大,试验内容更趋复杂,试飞架次和飞行小时数以千计,试飞周期往往需要几年,使得飞行试验成为一项耗费巨大的系统工程。

据统计,一个新型号飞机的试飞,如果包括为研制该型飞机所进行的预研、技术攻关、演示验证试飞、各机载设备鉴定试飞,再加上型号本身试飞,总试飞经费约占整个型号研制经费的50%。根据美国各种新机试飞统计,不包括各类技术攻关和预研试飞以及试飞条件建设,仅原型机本身的试飞耗费,就占整个型号研制经费的10%~20%。如果加上新发动机和其他机载设备的研发、演示验证试飞,试飞费用要远大于这个比例。空中客车公司统计了新机研制各阶段所需费用,并绘制出其关系曲线^[2],如图1所示,可见飞行试验阶段的总费用,约占新机总研制费的25%~30%。

1 研制试飞费用构成

军用飞机不仅要求具有较高的性

能和效能,而且还要为用户带来经济效益。因此飞机多种方案的优选决策,在很大程度上取决于其经济性的好坏。由于军用飞机试飞工作量大,飞机试飞费用所占型号研制费用比例较高,在型号研制初期如何正确估算试飞费用,对控制型号研制费用至关重要。

目前,国内对于各种新机研制试飞费用的统计方法没有统一的公式。新技术、新成品在新机研制中所占比例不同,试飞内容和工作量不同,所需试飞费用也不尽相同。对于研究性试飞,除了部分被试系统研制和地面试验外,主要经费用于飞机改装和试飞;对于型号试飞,主要经费用于试飞设施建设、飞

行支持保障、地面试验、油料消耗和弹药武器消耗。

依据以往经验,军用飞机型号研制试飞费用应包括试制批研制性试飞工作及其相关技术保障工作的全部费用,以及使用方适用性试飞工作的费用^[3]。具体试飞费用包括燃油、改装、测试设备、数据处理及鉴定、适应性审查等各项费用。具体内容为:

- 1) 试飞计划内的设计工作的费用;
- 2) 试飞所需的各种专用设备、设施和有关器材的费用;
- 3) 试飞所需的在试验机上改装或安装的制造支援费用;
- 4) 测试和数据处理费用;
- 5) 燃油、滑油及其他所需材料的费用;
- 6) 弹药等购置费;
- 7) 试飞员费用、各种租金和保险费等。

2 国内常用试飞费用估算方法

目前,国内对试飞费用分析的方法主要有类比法、参数法和工程估算法。

2.1 类比法

类比法是将新研制项目与过去类似的工程项目进行比较,并根据经验加上修正而得出费用估计。如果新研制军用飞机的功能、结构及性能与某个现役军用飞机相类似,则可利用现役军用飞机的费用数据,并考虑到新飞机与现役

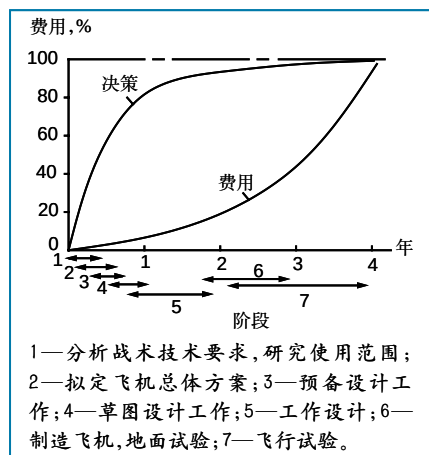


图1 飞机设计各阶段所需费用(%)的变化曲线

飞机的差异予以相应的修正,从而得出新型号飞机的试飞费用。

类比法用于旧飞机改进改型的试飞费用估算较为准确。

2.2 参数法

若新系统与现有的老系统类似,且老系统的物理特性、性能参数、费用数据存在,则可通过数学方法建立起系统费用与系统的测度(尺寸、性能等)之间的关系;同样地,子系统的费用也可与其物理和性能属性相关。这样建立起来的关系式称为费用估算关系式(CER),这种方法称为参数法。

建立费用估算关系时,最好利用与新型号军用飞机非常类似的最近军用飞机的成本估算关系。由于数据的继承性,可以给新型号军用飞机试飞费用的分析带来很大方便。波音公司可以用其现在飞机的费用估算关系毫无困难、非常精确地估算新喷气客机的费用就是最好的证明。

2.3 工程估算法

相对于参数法和类比法从上到下整体估算费用而言,工程估算法则是利用工作分解结构自下而上地估算整体费用。应用工程估算法必须先建立该项目的工作分解结构,逐步计算出单元费用数据,逐级向上归集,最后估算出整个项目的总费用。也就是说,工程估算法将总系统费用分解为许多项目细节,用费用方程将这些细节费用联系起来,可以详细反映这些细节在研制、生产、使用维修和保障中的相互关系,其反映的因果关系与实际情况更加接近,因而更加适合于反映实际情况发生偏离的类型。

3 基于兰德DAPCA IV模型的军用飞机型号试飞费用估算模型

受美国军方委托,美国兰德(RAND)公司在飞机寿命周期费用分析领域开

展了大量的研究工作。1967年提出关于飞机发展与采购费用分析的第一种模型DAPCA I,1971年建立DAPCA II,1976年建立DAPCA III,最后建立DAPCA IV。DAPCA模型在飞机寿命周期费用分析领域有相当的影响力。

由于飞机研制的继承性,飞机研制与管理体制、经济分配制度等方面的差异,国内外参数模型公式的通用性略有不同,本文结合国内军民飞机研制费用估算的理论模型,借鉴DAPCA IV模型有关项目的研究成果,建立了基于DAPCA IV模型的军用飞机型号研制试飞费用估算模型。

3.1 试飞计划内的设计工作的费用

$$C_{\text{设计}} = N_1 \cdot Y_{A4} \quad (1)$$

其中, $C_{\text{设计}}$ 为设计工作费用; N_1 为单位A4图样、报告的设计费用率; Y_{A4} 为试飞计划设计图纸、报告A4数。

3.2 试飞所需的各种专业设备、设施和有关器材的费用

$$C_{\text{设备}} = C_{\text{专用}} + C_{\text{自制}} + C_{\text{分摊}} \quad (2)$$

其中, $C_{\text{专用}}$ 为专用设备仪器的购置费, $C_{\text{专用}} = \Sigma(\text{设备台数} \times \text{单位计划单价})$; $C_{\text{自制}}$ 为自制专用设备仪器费, $C_{\text{自制}} = \Sigma(\text{设备台数} \times \text{单位计划成本})$; $C_{\text{分摊}}$ 为项目应分摊的设备仪器费, $C_{\text{分摊}} = \Sigma(\text{项目计划使用工时数} / \text{全部项目计划使用工时总数} \times \text{共用的专用设备仪器费})$ 。

3.3 试飞所需的在试验机上改装或安装的制造支援费用

$$C_{\text{改装}} = C_{\text{材料}} + C_{\text{制造}} \quad (3)$$

其中, $C_{\text{材料}}$ 为改装所需材料费; $C_{\text{制造}}$ 为改装总工时费, $C_{\text{制造}} = T_{\text{(改装工时)}} \times \text{单位工时费率}$ 。

3.4 测试和数据处理费用

$$C_{\text{测试}} = C_{\text{人员}} + C_{\text{测试和数据处理台时费}} \quad (4)$$

其中, $C_{\text{人员}}$ 为测试和数据处理人员的总工时费, $C_{\text{人员}} = T_{\text{(测试和数据处理工时)}} \times \text{单位工时费率}$; $C_{\text{测试和数据处理台时费}}$

为测试和数据处理总台时费, $C_{\text{数据处理}} = T_{\text{(测试和数据处理台时)}} \times \text{单位台时费率}$ 。

3.5 燃油、滑油及其他所需材料的费用

$$C_{\text{燃油}} = C_{\text{每架次}} \times \text{总架次数} \quad (5)$$

设计飞行任务时,除了备份燃油外,飞机都应应将可用的燃油用完。但实际的飞行任务与设计飞行任务大不相同,飞机常常在油箱中携带相当多的燃油着陆,以便用于下次飞行。

为了估算每架次的燃油费用,常用的方法是,选择一个典型的任务剖面,用该剖面的飞行时间和消耗的燃油量计算出每小时平均的燃油消耗量,再乘以每架次的平均飞行小时数,就可得到这架飞机每架次燃油消耗量的估计值,最后,将每架次飞行的燃油消耗量乘以燃油价格,即可得到这架飞机每架次的燃油费用。

滑油费用不包含在燃油费用中。滑油费用一般不到燃油费用的0.5%,故在估算时可以忽略不计。

军用飞机维护用的材料、零件和供给品的费用约等于人工费用。

3.6 弹药等购置费

$$C_{\text{弹药}} = \Sigma(\text{某型弹药数} \times \text{单位计划单价}) \quad (6)$$

3.7 试飞人员费用、各种租金和保险费等

试飞人员费用包括试飞员费用和维护人员费用两部分。

1) 试飞员费用

$$C_{\text{试飞员}} = \Sigma(\text{某战位试飞员数} \times \text{小时综合费率}) \quad (7)$$

每个试飞员的费用视飞机的类别而定,包括各种津贴和通常性开支,用每小时的工程综合费率乘以每架次的综合小时数来进行初步估算。

2) 维护人工费

$$C_{\text{维护人工费}} = \Sigma(\text{维护工时数} \times \text{小时综合费率}) \quad (8)$$

维护工作由平均每飞行小时需要的

浅谈转包生产过程中的更改问题

Discussion of the Changes Required in Subcontracting Business

关梦龙 / 南京理工大学电子信息工程

摘要:在航空器材转包生产中,经常需要有目的地对工艺指令等进行更改。采用计算机数据库管理对各种工艺信息进行实时更改,可极大地提高转包生产中信息常态化更改的时效性。

关键词: 转包生产; 更改; 适航; 数据库; 工艺

Keywords: subcontract; changes; airworthiness; database; production process

0 引言

尽管西方先进和成熟的工业制造业拥有完善的工业质量保证体系和较多的成熟经验和设计标准,但在转包生产过程中,各种更改要求仍然非常常见,而且也是转包生产中较为棘手的问题。

1 分析原因

鉴于上述问题,主要有三方面的原因。

1) 每个零部件在设计制造完成后,都需要进行许多次先期试验、系统适配和验证等。这一阶段会暴露出很多意想不到的故障和更改需求。因此,更改不

仅能加速产品成熟、不断夯实后续改进的基础,同时也是一个不断创新的再认识过程。

2) 无论是取证前的初始适航,还是在取证后的持续适航中,都会发生零部件故障现象,有些故障可能危及飞行安全,也有些频发故障影响飞行可靠性和签派率。复杂大系统操作中各个零件的功能能否表现完美,相关性或交联性故障可能会导致系统失效或使其功能实现受到影响。所以实施更改的目的是要通过验证复杂环境中零部件的可靠性和实现其设定功能的准确性,在不断的磨合使用中提高产品的品质。

3) 除了人为差错和非部件本身的机械和电气故障外,零部件在生产过程中,还会出现制造或者加工的偏差、制造不符合性等现象。一旦制造中出现了与设计的不符合性,就必然带来产品故障,这也是引起更改需求的原因之一。

潜在的设计、规范、制造工艺、检验及制造方面等诸多因素背景下,更改的要求有时会十分迫切。在短周期制造出经更改设计或更改工艺后的零件,就一定会带来部分或全部工艺重新编制,并要求在短时间内完成制造的全过程。

以最简单的转包生产模式即按图制造为例,转包生产中批产件常会出现

维护工时数来衡量,其范围从1.0以下(小型私人飞机)到100以上(某种专用机)。通常,平均每飞行小时需要的维护工时数大致与重量成正比,因为零件总数和系统复杂程度随重量的增加而增大。

根据平均每飞行小时需要的维护工时数和每架次飞行小时数,可估算出每架次的维护工时,进一步根据人工综合费率即可算出维护人工费率。在缺乏可靠数据的情况下,可以近似地用制造综合费率来代替维护人工费率。

3) 保险费

按照国际惯例,保险费约为飞机使用保证费用的1%。

4 结束语

本文分析了军用飞机型号研制试飞费用的构成要素,提出基于兰德DAPCA IV模型的军用飞机型号研制试飞费用估算参数模型,该模型置信度较高。结合国内各种军用飞机研制数据库,对模型进行回归分析,可广泛用于国内军用飞机型号试飞的费用估算。

参考文献

- [1] 周自全. 飞行试验工程[M]. 北京: 航空工业出版社, 2010.
- [2] 蒋佩瑛. 国外民用飞机的飞行试验[M]. 北京: 航空工业出版社, 1989.
- [3] 飞机设计手册总编委. 飞机设计手册, 第22册, 技术经济设计[M]. 北京: 航空工业出版社, 2001.

作者简介

梁红, 高级工程师, 研究方向为航空装备论证以及飞行器设计。