

文章编号:1674-8190(2021)05-109-07

# 民用飞机航材销售费用分解结构模型研究

李波波,姜婷,王秋男,李一丹

(中航西飞民用飞机有限责任公司 客户服务中心,西安 710089)

**摘要:**当前我国民用飞机缺乏合理、灵活的航材价格计算模型,而合适的航材销售费用分解结构模型可以降低运营成本、增加利润。本文综合多种因素的影响,从不同的维度对航材定价进行研究,阐述民用飞机航材成本费用的构成;从全寿命周期的角度对航材价格影响因素进行分析,构建国产民用飞机全寿命周期不同航材在多种因素影响下的销售费用分解结构模型。结果表明:构建的分解结构模型合理、有效,能够指导国产民用飞机型号航材定价分析,航材销售价格影响因素分析能够结合不同部门维度或工作维度对全寿命周期内的航材成本进行结构分解,实现利润最大化。

**关键词:**民用飞机;航材;定价;销售;费用分解

**中图分类号:** V267; F426.5; F406.7

**DOI:** 10.16615/j.cnki.1674-8190.2021.05.15

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on Sale Cost Decomposition Structure Model of Civil Aircraft Spare Parts

LI Bobo, JIANG Ting, WANG Qiunan, LI Yidan

(Customer Service Center, AVIC XAC Commercial Aircraft Co., Ltd., Xi'an 710089, China)

**Abstract:** Currently, the domestic civil aircraft lacks of the rational and flexible calculation model of spare parts price, and the suitable sale cost decomposition structure model of spare parts can reduce the operation cost and increase the returns. The pricing of spare parts is studied from different dimensions in this paper by synthesizing the effects of various factors. The components of civil aircraft spare parts cost are elaborated. The influencing factors of spare parts price are analyzed from the perspective of life cycle. The decomposition structure model of sales expenses of domestic civil aircraft is established with different spare parts in the life cycle. The results show that the constructed decomposition model is reasonable and effective, and can guide the pricing analysis of spare parts for domestic civil aircrafts. The analysis of influencing factors of spare parts sales price can decompose the cost in the whole life cycle in combination with different department dimensions or working dimensions to maximize profits.

**Key words:** civil aircraft; spare part; pricing; sale; cost decomposition

收稿日期: 2021-06-23; 修回日期: 2021-09-14

通信作者: 李波波, 554622011@qq.com

引用格式: 李波波, 姜婷, 王秋男, 等. 民用飞机航材销售费用分解结构模型研究[J]. 航空工程进展, 2021, 12(5): 109-115, 144.

LI Bobo, JIANG Ting, WANG Qiunan, et al. Research on sale cost decomposition structure model of civil aircraft spare parts[J].

Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2021, 12(5): 109-115, 144. (in Chinese)

## 0 引言

航材作为后勤供应支持不可或缺的物资资源之一<sup>[1-3]</sup>,在保障飞机安全可靠经济运营方面具有重要作用,并且是制造商(Original Equipment Manufacturer,简称 OEM)盈利的重要组成部分。然而,OEM 盈利与否直接与民用飞机航材价格有很大的关系。民用飞机运营成本居高不下,面对竞争激烈的航空市场,航空公司更加重视如何降低运营成本,增加利润。在航空公司的运营过程中,航材成本是所占比例较大的一项,而航材的定价主要与 OEM 有关,因此,为了实现 OEM 和航空公司共同盈利,有必要对民用飞机航材定价进行分析。

关于民用飞机航材定价工程方面,国内外相关机构开展了一定的研究。例如波音公司一直致力于为客户提供更具竞争力的价格、更贴近客户需求的零部件航材服务,制定更合适的零备件销售价格。波音公司的航材服务系统主要利用可获取的行业公开信息和市场预测数据评估零备件售价,以保证其定价与当前市场行情相符<sup>[4]</sup>。空客公司在航材支援方面除了提供一整套方案来降低客户的航材保障成本之外,也在积极制定公司的航材定价策略,从公司顶层开始,结合公司成本、销售策略、维修策略等综合制定公司级的航材定价策略,进而逐层分解,分解到各阶段、各层级系统;在运营阶段也针对运行情况、使用可靠性状态及成本波动情况,随时调整航材定价,取得最大的经济效益<sup>[5]</sup>。ATR 公司作为国际知名的支线飞机制造商,也非常重视航材保障服务。由于支线飞机的机队规模所限,ATR 公司对航材的定价问题格外重视<sup>[6]</sup>,甚至已经将航材的定价与飞机销售及其提供的维护、维修和运行(Maintenance, Repair & Operations,简称 MRO)服务的价格以协议的形式进行了关联和绑定。此外,中国商飞上海飞机客户服务有限公司和中航西飞民用飞机有限责任公司也非常重视航材定价,除了对整个航材保障工作进行规划、设计和研究外,还专门成立了包含第三方公司参与的研究团队,结合相应机型的航材保障策略和模式,对航材的定价进行专项研究。关于民用飞机航材定价理论方面,相关研究者做了一定的工作,主要针对航材供应链成本管控<sup>[7-9]</sup>、航材采购成本控制<sup>[10-12]</sup>、航材营销策略<sup>[13]</sup>、航材共

享成本分析<sup>[14-16]</sup>。通过以上分析可以看出,与国外相比,国内关于航材定价相关工作仍有较大的差距,主要表现在航材价格体系及相关分析因素梳理不清晰。

为了解决上述问题,本文综合多种因素的影响,对航材定价原则进行阐述,对国产民用飞机型号航材价格影响因素进行全面分析,构建航材销售费用分解结构模型,以期对航材销售价格的制定提供支持。

## 1 国内外 OEM 航材定价原则

对于民用飞机而言,其航材定价策略应遵循 4 个原则。

### (1) 零件基准价格(如表 1 所示)

表 1 航材定价原则  
Table 1 Spare parts pricing principle

类型	定价原则
标准件及耗材(自制和其他满足规范的供应商生产然后贴牌)	一般供应商价格 3~5 倍,自制件材料成本加制造工时成本再加 30%。
供应商独立取证成品	供应商价格加 10%~20%,建议航空公司客户直接从供应商购买。
自制件	按材料成本加波音制造工时成本再加 30%。

(2) 根据基准价形成内部目录价格和交货期  
这个价格是开始销售报价的价格依据。报价分以下情况:

① 正常交货期:目录价。

② 紧急交货期:按协议价加。

③ 飞机停场(Aircraft on Ground,简称 AOG):按协议价加。

④ 针对不同航空公司客户,内部目录价格 3%~5% 的微调变成公开的价格目录。

⑤ 针对不同航空公司客户,分别按照航空公司付款等情况分类确定可以给客户的信用额度。

⑥ 针对不同航空公司客户,按照定价可以有折扣销售。

(3) 目录价格每年根据汇率情况进行控制

(4) 特殊情况

① 成批购买的有价格区间。

② 如果航空公司飞机停场特别多,AOG 加价比例更大,防止客户基本航材不足,总是靠紧急采

购,给快响中心增加工作量。

## 2 航材成本费用估算技术调研

### 2.1 航材成本费用组成

航材成本费用是企业费用中的重点部分,一般由生产成本费用、使用机会成本费用及本身维修成本费用三部分组成。对于民用飞机航材而言,其成本费用可分为设计成本费用、库存成本费用、供应成本费用、生产成本费用、机会成本费用、本身维修成本费用,具体组成如图1所示。

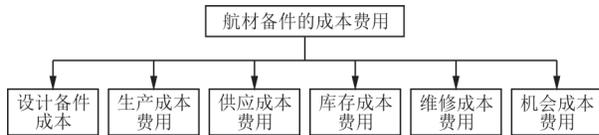


图1 航材成本费用组成  
Fig. 1 Composition of spare part cost

对于不同种类航材,其成本费用体系不尽相同。根据航材的种类,又可将航材成本费用进行分层,如图2所示,可以看出:航材成本费用可分解为含有自产备件成本、外购备件成本和保障设备成本的第二层级费用,其中自产备件成本包括设计产成本、库存成本、检修成本,外购备件成本包括备件购买成本、库存成本和送检成本。

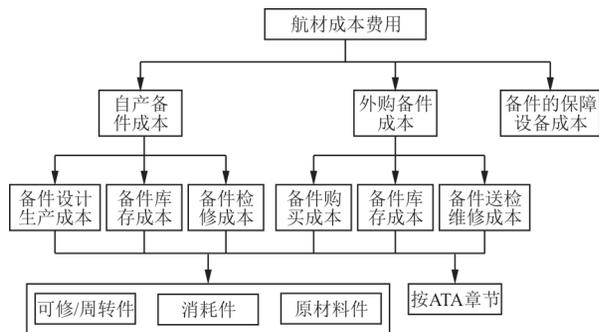


图2 不同类别航材成本费用层次  
Fig. 2 Cost levels of different types of spare parts

### 2.2 航材各成本费用分析

#### (1) 设计成本费用

设计成本费用指与航材型号研制工作相关的直接成本费用,是属于自产航材费用的一部分。不同的航材所需的设计成本不同,该费用的核算需要贯穿具体的航材方案概念设计、初步设计和

详细设计阶段,主要包含以下3个方面费用。

- ①设计、试验、适航取证费用。
- ②生产航材的工艺设计、工装工具设计费用。
- ③航材试验件制造费用。

#### (2) 库存成本费用

由于特定的行业因素,航材的销售方常需要备置大量的库存,以应对订单需求和非订单需求,从而保证公司的正常运营。航材的库存一般包含两部分:一是计划内库存引进,二是计划外引进。计划外的库存引进是为了保障非计划的销售需求或消耗不规律的器材补充。非计划销售需求对于所需器材和需求时效的准确性,决定了库存成本的高低。如果所需器材不准确,就会产生冗余器材;如果时效不准确,就会产生附件费用。所有航材的库存成本费用不仅包括建立库存的成本费用和日常管理的费用,而且需要考虑相关的附件费用。航材库存成本费用组成如图3所示。

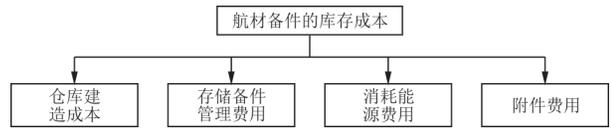


图3 航材备件库存费用组成  
Fig. 3 Cost components of spare parts inventory

#### (3) 供应成本费用

供应成本费用指在航材全寿命的过程中,生产航材的企业在采购、销售活动中,所发生的一切劳动成本费用,例如运输成本费用、设备成本费用、采购材料或成品费用。

#### (4) 航材的生产成本费用

航材的生产成本费用指单个、或单批备件的平均生产的成本。航材的生产成本的目标可以从市场销售价格的预测开始,由此估算生产成本费用。

#### (5) 航材的生产管理成本费用

航材的生产管理成本费用主要包括发放员工工资费用、原材料费用、生产设备费用、生产线管理费用、装卸打包费用、损耗费用(水、电等)。

#### (6) 航材的机会成本费用

航材的机会成本费用是指航材备件在生产下线或采购后在仓库存储的时间段内,企业因未能按计划出售而错过其他经营盈利的机会。

### (7) 航材本身的维修成本费用

因为航材可分为可修件、消耗件、通用件三类,所以航材备件本身的维修成本主要由可修件和通用件的维修费用组成。

根据 WATOG(World Airline Technical Operations Glossary)国际标准,民用航材维修成本指直接维修成本(Direct Maintenance Cost,简称 DMC)与间接维修成本(Indirect Maintenance Cost,简称 IMC)之和。其中,DMC 是指完成航材或设备维修中直接花费的人工工时和材料费用;IMC 是指在维修管理业务、各航材储存中心维修保养、行政管理、工艺装备、检测设备、维修设施等方面花费的间接费用。

## 3 国产民用飞机航材全寿命周期定价

### 3.1 航材分类及对应的生命周期

按航材是否属于新研产品划分分为四类:完全自研产品、货架产品、有研究基础的改进产品和有研究基础无需改动的产品。不同类型的航材在全寿命周期涉及的阶段不同。

#### (1) 完全自研产品

自研备件需要经过初始论证阶段、方案设计阶段、生产阶段、运输存储阶段、销售阶段。各部门需要提交每个环节的消耗费用以及工作强度,并根据市场价格制定本公司的备件售价。

#### (2) 货架产品

货架产品又称商用现成/货架产品,指可以采购到的具有开放式标准定义接口的软件或硬件产品。货架产品需要经过采购阶段、使用期质保阶段、存储保障阶段、退役处置阶段等。各部门需要提交每个环节的消耗费用以及工作强度,最后汇总,并根据市场价格制定本公司的备件售价。

#### (3) 有研究基础的改进产品

有研究基础的改进产品需要经过初始论证阶段、方案改进设计阶段、生产阶段、运输存储阶段、销售阶段。各部门需要提交每个环节的消耗费用以及工作强度,最后汇总,并根据市场价格制定本公司的备件售价。

#### (4) 有研究基础无需改动的产品

有研究基础无需改动的产品需要经过生产阶

段、运输存储阶段、销售阶段。各部门需要提交每个环节的消耗费用以及工作强度,最后汇总,并根据市场价格制定本公司的备件售价。

### 3.2 航材价格影响因素分析

航材价格影响因素可从内部及外部影响因素进行分析,以企业经营销售目标为需求牵引,确定销售费用的结构组成,综合考虑成本影响的内部、外部因素,充分结合不同阶段飞机特点,将其转化为备件销售费用的分解结构模型。内部影响因素包括企业销售目标、航材定价目标、航材成本组成、航材类别特性、航材可靠性等。外部影响因素包括市场结构、市场需求的价格弹性、竞争者产品与价格、国家政策法规、飞机运行特性以及其他外部环境因素等。

#### (1) 内部因素

企业销售目标。需求价格弹性为负时,商品为正常品,价格和销量是反向关系。在销售目标高时,销售价格下降,才能达到销售目标;当销售目标低时,销售价格上升,才能保证企业受益。

航材定价目标。定价目标是指企业通过对特定商品价格的判定或调整所要达到的预期目的。定价目标大致有:追求盈利最大化;维持或提高市场占有率;实现预期的投资回收率;实现销售增长率;适应价格竞争;保持营业;稳定价格、维护企业形象。根据实际情况,企业制定不同的定价目标,从而确定销售价格。

航材类别。不同类型的航材,其销售价格也不相同。按生产过程分类的方式,航材分为完全自研产品、货架产品、有研究基础的改进产品和有研究基础无需改动的产品。不同的航材类别涉及不同的生命周期,例如,完全自研和有基础的改进产品的生命周期包含研发过程和审定过程,需要考虑研发成本和适航审定成本,对应的销售价格也需要增加;针对货架产品和有研究基础无需改进的产品,则只需要考虑其生产成本和后续售后成本等,对应的销售价格更低。按维修性则分为高价周转件、可修件、消耗件等,对于可修件在使用后需要考虑修复性维修成本和到寿报废成本;对于消耗件在使用后只需考虑不可修件的报废成本。

航材成本组成。航材成本主要包括管理成本、开发设计成本、制造成本、销售成本、使用成本、回收成本等。销售价格包括成本和利润两部分,若成本组成发生变化,销售价格也会受到相应的影响。

航材可靠性。为了提高航材可靠性,则需要 在研制与设计阶段加大投入,因此航材可靠性越高,则说明生产备件的成本越高,相应地,航材销售价格也会增高。

(2) 外部因素

市场结构。市场结构是指企业市场关系(交易关系、竞争关系、合作关系)的特征和形式,包括市场供给者和需求者之间的关系。而市场供给跟航材销售价格是密切相关的,因此市场结构也是影响销售价格的因素之一。

市场需求的价格弹性。需求价格弹性是指市场商品需求量对于价格变动做出反应的敏感程度。通常用需求量变动的百分比对价格变动的百分比比值,即以需求价格弹性系数来表示。需求量变动百分比比较大时,需要降低销售价格增加销售收入;反之,则需提高销售价格。这是企业实行薄利多销策略的一个主要理论基础。

竞争者产品与价格。价格竞争是指企业运用价格手段,通过价格的提高、维持或降低,以及对竞争者定价或变价的灵活反应等,来与竞争者争夺市场份额的一种竞争方式,但是价格竞争需要在合理的价格范围内。

国家相关政策法规。对于某一航材,国家有着最高限价和最低限价政策,也就是说销售价格的制定应限定在国家相关政策法规规定的区间之内。

飞机运行特性。飞机的运行特性是直接影响航材需求量的主要因素,当飞机运行特性较好时,即飞机发生故障的频率低,则航材需求量少;当飞机运行特性差时,即飞机处于衰退期,发生故障的频率较高,航材需求量大。因此飞机运行特性会间接影响到市场结构,从而影响到航材价格。

3.3 航材销售价格影响因素分析

销售费用是企业利润重要的直接来源之一,

合理的航材销售费用是实现企业利润的最大化、实现高效运营的必要条件,为了更加科学合理地确定航材的销售费用,在对影响航材价格的因素进行分析的基础上,进一步分析航材销售费用的构成,从而实现销售价值最大化。航材的销售费用可以分为成本和利润两大部分。

根据飞机系统经历的时间维度,可以将成本划分为各寿命周期阶段成本,同时根据航材销售估算流程或根据部门维度、工作维度进行成本的结构分解;而航材的预期销售利润还会受到企业的利润预期、市场以及政策等外部因素的影响。航材销售价格组成如图 4 所示。

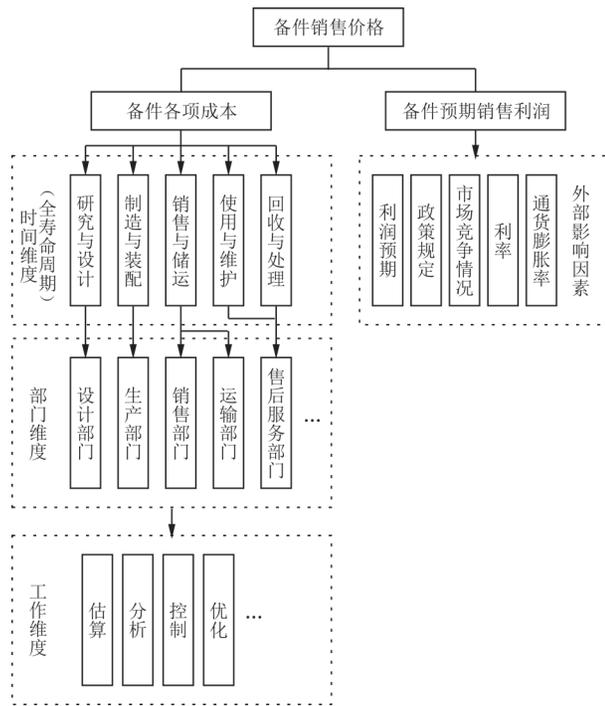


图 4 航材销售价格组成  
Fig. 4 Sales price composition of spare parts

从时间维度对民用飞机航材全寿命周期进行阶段划分,各寿命阶段内的成本估算相对较为独立,因此对全寿命航材销售费用中的成本构成进行进一步分解,如图 5 所示。按照全寿命周期阶段划分为研究与设计阶段成本、制造与装配阶段成本、销售与运输阶段成本、售后使用与维护阶段成本和回收与处理阶段成本,同时按照装备 RAMS 要求也可划分为可靠性成本、安全性成本、维修性成本和保障性成本。

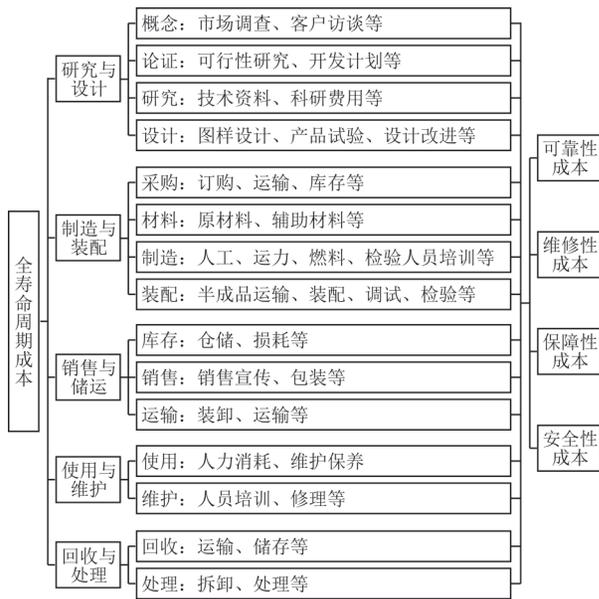


图5 航材全寿命周期销售费用中成本构成

Fig. 5 Cost components in the life cycle sales of spare parts

研究与设计阶段成本的具体组成包括项目概念设计成本、立项论证成本、设计研发成本、试制和试验验证成本等,具体来说研究与设计阶段的成本用于市场调查、客户访谈、可行性研究、开发计划、技术资料、科研费用、图样设计、产品试验、设计改进等方面。需要注意的是,对于备件产品来说,其研发、试制、试验验证工作往往是处于整机系统的研发管理之下,因此其研发阶段的成本也往往依附于整机系统的研发工作成本。

制造与装配阶段成本的具体组成主要是航材生产制造成本,对于采购型的航材或组装型的航材,则相应地对应为采购成本以及组装装配成本。生产制造成本往往随着生产规模的扩大呈现出一定的下降趋势,并最终维持在一个稳定水平,这是由于随着生产规模扩大,技术熟练度上升带来一定的成本降低。

销售与储运阶段成本主要包括将航材运输到仓库的成本,航材部署在仓库期间的保管成本和运往购买方的运输成本以及销售阶段的宣传、包装等成本;使用与维护阶段成本主要包括航材产品交付后的预防性维修成本,故障可修航材的修复成本和人力消耗成本,以及进行人员培训等工作的成本;回收与处理阶段成本主要包括回收报废件的运输储存成本以及处理的成本。

对于航材销售费用中的利润部分,主要根据企业自身经营策略、市场需求、经济形势(利率、通

货膨胀等)以及政策指导限制四方面决定。

在实际操作过程中,为了追求利润,多数情况下企业不仅依靠成本的控制来获取利润;受到同行竞争、消费者需求以及相关法规政策的影响,航材定价的实际可操作空间也会被压缩。航材定价操作空间如图6所示。

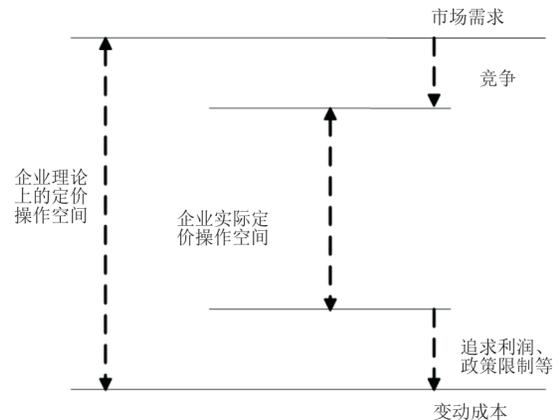


图6 航材定价操作空间示意图

Fig. 6 Schematic diagram of spare parts pricing operation space

### 3.4 国产民机全寿命航材销售费用分解结构模型

在对多种因素影响下备件销售费用构成情况进行分析之后,可以将全寿命周期备件销售费用中的成本部分分为以下6个内容。

(1) 管理成本:管理机构、管理效率、管理方法。

(2) 开发设计成本:市场调查、市场分析、复杂程度、开发费用等。

(3) 制造成本:价格时间、设备、加工批量、存储、材料消耗、装备、测试等。

(4) 销售成本:市场环境、销售方式、销售范围等。

(5) 使用成本:产品质量、使用环境、零部件更换、设备维护等。

(6) 回收成本:产品可拆除性、拆下零部件的价格、报废处理、环境影响等。

对于备件销售费用中的成本部分,也可从备件生产和企业管理两方面进行划分。其中备件成本包括:原材料成本、外购外协件成本、外加工费用成本、工人工资、制造费用、专用费用、制造成本、工厂成本、包装运输、税金、储存成本、折旧成

本等。经营管理成本包括:管理费用、财务费用、销售费用、AOG产品费用等。

通过考虑航材的制造成本、企业的管理成本以及企业预期利润的影响,并完善不同航材类型的费用模型参数和不同航材保障模式下对于需求的模型参数的影响,本文建立的国产民用飞机全寿命航材销售费用分解结构模型如图7所示。

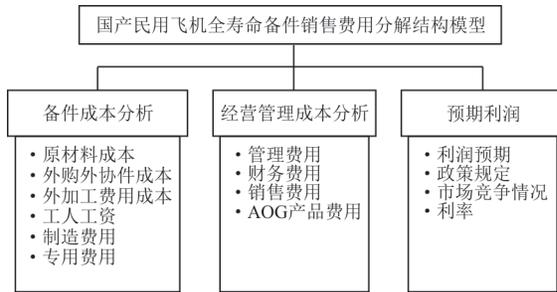


图7 国产民用飞机全寿命航材销售费用分解结构模型

Fig.7 The decomposition structure model of domestic civil aircraft life cycle spare parts sales cost

从图7可以看出:合理的航材销售价格应当满足企业的盈利目标,能够达到企业预期的利润需求,同时尽可能地拓展市场,通过对国产民用飞机全寿命航材销售费用结构进行分析,估算出各阶段的子项成本费用,综合考虑民航飞机不同阶段的特点以及企业期望利润,进而得到最终的航材销售价格。

航材销售费用分解结构模型已在MA60飞机航材价格体系构建中初步进行了应用,该模型降低了材料费用,同时节约了材料成本。

## 4 结 论

(1) 航材按照全寿命周期阶段划分为研究与设计阶段、制造与装配阶段、销售与运输阶段、售后使用与维护阶段和回收与处理阶段。通过对不同阶段的成本项目分析,为后续航材销售费用分解结构模型提供了指导依据。

(2) 航材销售费用分解结构模型分析了全寿命周期的成本,包括管理成本、开发设计成本、制造成本、销售成本、使用成本、回收成本,通过考虑航材的制造成本、企业的管理成本,能够有效指导航材销售价格的制定。

(3) 本文构建的航材销售费用分解结构模型可以为MA700飞机的航材价格体系构建提供支撑。

## 参 考 文 献

- [1] 冯蕴雯,马红亮,魏严锋,等.民用飞机航材工程与管理[M].北京:科学出版社,2020.  
FENG Yunwen, MA Hongliang, WEI Yanfeng, et al. Spare parts engineering and management for civil aircraft [M]. Beijing: Chinese Science Publishing, 2020. (in Chinese)
- [2] FENG Yunwen, CHEN Junyu, LU Cheng, et al. Civil aircraft spare parts prediction and configuration management techniques: review and prospect[J]. Advances in Mechanical Engineering, 2021, 13(6): 1-17.
- [3] 冯蕴雯,刘雨昌,薛小锋,等.基于横向供应与维修比例的民机备件配置优化技术研究[J].西北工业大学学报,2018,36(6):1059-1068.  
FENG Yunwen, LIU Yuchang, XUE Xiaofeng, et al. Research on configuration optimization of civil aircraft spare parts with lateral transshipments and maintenance ratio[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2018, 36(6): 1059-1068. (in Chinese)
- [4] LEE A S. 波音公司欲推更低价高效的航材服务[J].蓝楠,译.航空维修与工程,2016(10):16.  
LEE A S. Boeing's new material service leader targets reduced lead times[J]. LAN Nan, Translation. Aviation Maintenance & Engineering, 2016(10): 16. (in Chinese)
- [5] 邵丽敏. C公司基于作业成本的民机客户服务产品定价模型研究[D].上海:华东理工大学,2015.  
SHAO Limin. Research on the civil aircraft customer services pricing model based costing[J]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2015. (in Chinese)
- [6] LEITHEN F. 涡桨飞机的客户服务[J].孙立,译.航空维修与工程,2021(1):40.  
LEITHEN F. Customer support key to turboprop market [J]. SUN Li, Translation. Aviation Maintenance & Engineering, 2021(1): 40. (in Chinese)
- [7] 王国顺,陈原.民用航空制造业供应链协调管理的策略研究——以波音公司为例[J].中国市场,2007(19):84-87.  
WANG Guoshun, CHEN Yuan. Civil aviation manufacturing supply chain management strategy research to the Boeing Company as an example [J]. Chinese Market, 2007(19): 84-87. (in Chinese)
- [8] 宋文静,易华辉.基于延误时间成本的航材备件采购方案研究[J].航空工程进展,2015,6(1):77-81.  
SONG Wenjing, YI Huahui. Study on the purchase strategy of the air material spare parts based on its delay time cost [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2015, 6(1): 77-81. (in Chinese)
- [9] 王蓉,陈良华.供应链成本分配的权变结构研究[M].南京:东南大学出版社,2015.  
WANG Rong, CHEN Lianghua. Research on the contingency structure of supply chain cost distribution[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2015. (in Chinese)