

民用直升机费效综合分析方法研究

邢宏波¹, 张海涛^{2, *}

1. 中航工业集团公司重大项目管理部, 北京 100026

2. 中国航空工业发展研究中心, 北京 100029

摘 要: 采用工程类比法和参数法相结合的方法建立了民用直升机研制费、生产成本和直接使用成本的估算模型, 并对某型直升机的直接使用成本进行了估算, 估算结果符合目前国内外民用直升机的普遍规律。结合座公里因素, 开发了基于能力的直升机费效综合分析模型, 并将某型国产直升机的经济性与国内外竞争机型进行了对比分析。结果表明, 该分析模型适用于民用直升机使用经济性的快速评估。

关键词: 民用直升机; 研制费; 生产成本; 使用成本

中图分类号: V37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2014) 01-62-7

近年来,直升机的经济性越来越受到普遍关注。当把经济性引入民用直升机的评价标准后,仅用飞行性能和空重/总重比来评价直升机优劣显然是不够科学的,它不能全面反映直升机的综合品质,这一点不仅适用于民用直升机,也适用于军用直升机^[1]。目前对民用直升机广泛采用的评价标准是成本-效率法,即对于一定的飞行任务,哪一种机型的成本-效率高,即在相同成本下有更高的使用效能,那么就认为这一机型为优。国内外在快速评估飞机的使用效能时普遍采用座公里(即座位数×最大航程)为评价标准。而在成本-效率评估中,充分考虑直升机的使用经济性因素,将更加体现客观公正性。

另外,新研制型号的维护费用应低于同吨位的直升机维护费用。只有购机费用低、使用维护费低和每小时航材消耗率低,才能更加吸引用户。因此,在项目的立项论证阶段或项目早期,当直升机详细的研制工作量和运营模式还不确定时,采用一种快速的评估方法,估算直升机的全寿命周期费用,并结合使用效能的评估,综合分析直升机的经济性,为型号立项提供支撑,是一项非常有意义的工作^[2]。

本文为了研究民用直升机的经济性,采用工程类比法和参数法相结合的方法建立了民用直升机研制费、生产成本和直接使用成本的评估模型,结合座公里因素,开发了基于能力的直升机费效综合分析模型,为未来直升机的立项、研制、采购和使用提供参考。

1 研制费估算模型的建立

在国内已有模型的基础上,充分考虑国内外通货膨胀因素、各个机型空机重量与研制年代的差异以及先进材料的应用对材料费和工时费的影响,对研制费参数估算模型进行重新修正^[3]。该研制费估算模型主要用于估算单旋翼带尾桨式新研直升机的设计试验费、机体试制费(包括材料、工时、工装费等)和试飞适航费等,从而估算出总的研制费。

修正的思路为:

1) 使用原模型对竞争直升机(三个以上)的研制费进行估算,分别得出估算结果,与实际研制费(考虑研发水平差异和取证方式差异)进行对比,得到综合修正系数。由于这项修正系数主要影响到设计试验水平和工装制造水平,因此使用

收稿日期:2013-09-04; 录用日期:2013-12-09

*通讯作者: Tel.: 010-57827706 E-mail: zhanghaitao_adr@163.com

引用格式: XING Hongbo, ZHANG Haitao. Comprehensive Analysis of the Cost-effectiveness for civil[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(1): 62-68. 邢宏波, 张海涛. 民用直升机费效综合分析方法研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(1): 62-68.

该系数修正设计试验费与专用工装费。

2) 使用原模型中批产阶段的单机生产成本(单机材料费和单机工时费)模型对竞争机型进行估算,与其实质单机成本进行对比,得到综合修正系数。由于这项修正系数主要影响到材料费和工时费,因此使用该系数修正科研批试制材料费和试制工时费。

3) 原模型是1990年建立的,考虑物价浮动,每年按5%考虑,到2013年价格指数变动为 $1.05^{23}=3.072$,使用该系数修正整体模型。

4) 先进材料修正因子:根据有关文献资料,现代飞机大量采用复材结构,尤其是民用直升机的复材比例更高,与上一代飞机相比,设计、试验、制造等各项费用可以加乘先进材料修正因子,一般取2。

1.1 设计试验费估算模型

设计试验费包括直升机设计工作费用与试验费用。其中,设计工作费用包括初步设计与详细设计、计算分析(含专用软件的购买)、样品样机、设计用品、差旅、会议、评审、资料等费用;试验费用指各种原理性和验证性的风洞试验、结构试验、强度试验、系统试验等试验所需的各项费用,具体包括消耗的材料、燃料、水电、陪试品、专用测试仪器购买和非标设备研制以及参试人员补助等费用。

设计试验费用可以用数模(图纸)折合标准图A4纸张数与设计图样A4费用率的乘积来表示,估算公式如下:

$$C_{\text{设计试验}} = A1 \times W^{A2} \times K_1 \quad (1)$$

式中, W ——空机重量,kg; K_1 ——设计图样费用率,万元/A4纸张数; $A1$ 、 $A2$ 为常系数。

1.2 机体试制费估算模型

1.2.1 材料费估算模型

包括试制中实际消耗的各种原材料、辅助材料的购买费、运杂费、管理费以及材料的入厂检验费等,估算公式如下:

$$C_{\text{材料}} = A3 \times W^{A4} \times T^{A5} \times Q_1 \quad (2)$$

式中, T ——研制年代当量,以1961年1季度为基点1,到研制结束时,每加1年增加4; Q_1 ——研制批材料投入架份; $A3$ 、 $A4$ 、 $A5$ 为常系数。

1.2.2 工时费估算模型

$$C_{\text{工时}} = A6 \times W^{A7} \times K_2 \times Q_2 \quad (3)$$

式中, K_2 ——试制工时费率,元/h; Q_2 ——研制批工时投入架份; $A6$ 、 $A7$ 为常系数。

$$C_{\text{专用}} = A8 \times W^{A9} \times K_3 \times K_4 / K_5 \quad (4)$$

式中, K_3 ——工装工时费用率,元/h; K_4 ——工装费摊

入科研费的比例; K_5 ——工装工时费占工艺装备费的比例; $A8$ 、 $A9$ 为常系数。

1.2.4 机体试制费总估算模型

$$C_{\text{机体}} = (C_{\text{材料}} + C_{\text{工时}} + C_{\text{专用}} + C_{\text{成品}}) / K_6 \quad (5)$$

式中, $C_{\text{成品}}$ ——外购成品费,万元; K_6 ——机体试制费系数,即研制项目中,材料、工时、专用工艺装备、外购成品费用之和占机体试制费用的比例。

1.3 试飞适航费用估算模型

民用直升机的试飞费指民用直升机通过适航合格审定取得型号合格证所发生的费用。试飞适航费主要包括飞行费、试飞消耗的器材费、测试设备、直升机的改装费、飞行员的培训费、设计定型或适航审定费、咨询费,以及参试人员费用等,公式如下:

$$C_{\text{试飞适航}} = (C_{\text{设计试验}} + C_{\text{机体}}) \times K_7 \quad (6)$$

式中, K_7 ——试飞适航费系数,即试飞适航费占设计试验费及机体试制费之和的比例。

1.4 总研制费估算模型

$$C_{\text{研制}} = (C_{\text{设计试验}} + C_{\text{机体}} + C_{\text{试飞适航}}) \times (1 + K_8) \quad (7)$$

式中, K_8 ——不可预见费系数,取8%。

在上述模型的基础上,估算整个项目的研制费时还需考虑关键技术攻关费与新研/改进成品研制费。

2 生产成本估算模型的建立

生产成本估算模型是在参考国外已有模型的基础上,充分考虑了国内外通货膨胀因素、各个机型空机重量的差异以及国内外航空制造业水平对各子系统成本的影响的基础上而重新修正的,主要用于估算单旋翼带尾桨式新研直升机各系统的生产成本,从而估算出整个直升机的生产成本。

修正的思路为:

1) 使用原模型对竞争机型的单机成本进行估算,与其真实成本进行对比,得到综合修正系数;

2) 该模型建立于1977年,至2013年美元币值变化系数3.8;

3) 通过对飞机单机成本的类比,得到航空制造领域美元人民币货币当量值。

按照国际标准,将直升机的结构/系统划分为18个部件/系统^[4,5]。根据国内直升机部件划分的实际情况,修正之后重新建立了基于空机重量的直升机部件/系统生产成本估算模型,成本项目包括这14个部件/系统的成本和部装/总装成本共15项(去掉了辅助动力系统、防除冰系统等)。在建模过程

中,也对美国近30种直升机的各部件/系统重量与成本的比例关系经验数据进行了统计分析,可以发现,其单机成本的大致比例为:结构(机体、起落架)21%,旋翼系统(主桨、尾桨)14%,机械部分(传动、燃油油、液压、操纵系统)15%,机载设备(不含发动机,其中飞控10%、电气系统6%、航电系统5%、机上设备3%)24%,发动机14%,部装与总装12%^[6,7]。

结合修正系数,本文得到的直升机生产成本估算模型如表1所示。其中, $a_1 \sim a_{34}$ 为常数; $W_1 \sim W_{11}$ 为各部件/系统的空机重量; Q 为整机的批产数量。

表1 直升机各部件/系统生产成本估算模型

Table 1 Estimation model of Helicopter components / systems production cost

序号	部件/系统	估算模型
1	旋翼(如果有的话)	$C_1 = a_1 + a_2 * W_1 * Q^{a_3}$
2	尾翼	
2.1	尾桨	$C_{2A} = a_4 * W_{2A} * Q^{a_5}$
2.2	尾翼结构	$C_{2B} = a_6 * W_{2B} * Q^{a_8}$
3	机体	$C_3 = a_9 * W_3^{a_{10}} * Q^{a_{11}}$
4	着陆装置	$C_4 = a_{12} * W_4 * Q^{a_{13}}$
5	推进系统	
5.1	动力系统	$C_{5A} = a_{14} + a_{15} * W_{5A} * Q^{a_{16}}$
5.2	传动系统	$C_{5B} = a_{17} + a_{18} * W_{5B} * Q^{a_{19}}$
5.3	燃油与滑油系统	$C_{5C} = a_{20} * W_{5C} * Q^{a_{21}}$
6	飞行控制系统	$C_6 = a_{22} * W_6 * Q^{a_{23}}$
7	液压系统	$C_7 = a_{24} * W_7 * Q^{a_{25}}$
8	电气系统	$C_8 = a_{26} * W_8 * Q^{a_{27}}$
9	航电系统	$C_9 = a_{28} + a_{29} * W_9 * Q^{a_{30}}$
10	机上设备	$C_{10} = a_{31} * W_{10} * Q^{a_{32}}$
11	操纵系统	$C_{11} = W_{11} / W_3 * C_3$
12	部装/总装	$C_{12} = a_{33} * (C_1 + C_2 + C_3 + C_{5B} + C_{5C} + C_6 + C_7 + C_8 + C_{10} + C_{11}) * Q^{a_{34}}$

3 直接使用成本估算

民用直升机的使用成本较高,是阻碍民用直升机进一步发展的主要原因之一。经济性是民用直升机的主要使用要求,也是客户最为关心的问题之一。因此,在研究直升机的经济性问题时,重点分析其直接使用成本的快速估算方法,采用的方法主要是工程法和类比法^[8]。

与民用飞机相同,民用直升机的使用经济性通常是用使用成本来衡量。总的使用成本(TOC)是由直接使用成本(DOC)和间接使用成本(IOC)组成。其中,DOC反映与直升机相关的成本,而IOC与运营单位的管理水平有很大关系,差异很大,因此一般常用直接使用成本的比例来估算。另外,由于在型号立项或研制阶段缺乏实际使用的统计数据,所以本文研究的直接使用成本是指直升机型号立项或研制阶段估算的DOC,称为比较DOC,与客户实际使用中的使用成本

不同。作为方案对比或技术经济的权衡分析,一般仅采用直升机直接使用成本来进行对比,而不用间接使用成本和总使用成本的概念^[9]。

3.1 模型说明及计算公式

归纳DOC计算方法的研究进展并结合中国民用飞机领域运营环境,重新建立了在中国运营环境下的DOC估算模型。

3.1.1 利息费估算模型

利息费是指购买整机和备件过程中所借贷款的利息支出,估算模型如下:

$$C_{\text{利息}} = \frac{A \times B \times (m \times M + 1)}{2 \times m \times D_p \times U} \quad (8)$$

式中, $C_{\text{利息}}$ 的单位为元/h; A ——总投资额, A =飞机价格+机体备件价格+发动机备件价格,其中,机体备件价格一般占机体价格的10%~15%,发动机备件价格一般占发动机价格的20%~30%; B ——贷款利率,按央行最近一次公布的五年以上贷款利率计。 m ——每年的还款次数; M ——贷款年限; D_p ——折旧年限,若飞机的经济寿命/年利用率<折旧年限,则用飞机的经济寿命/年利用率代替,即飞机的折旧年限与年利用率的乘积不能大于飞机的设计使用寿命; U ——年利用率,飞行小时/年,由飞机总飞行小时寿命/折旧年限求得。

3.1.2 折旧费估算模型

客户通过贷款购机,则拥有飞机费用中应包括折旧费。目前,财务上计算折旧的方法很多,有平均年限法、工作量法、加速折旧法等。本文采用平均年限法计算折旧费,折旧费的计算与飞机价格、发动机价格、机体备件成本、发动机备件成本、折旧年限和残值有关系,公式如下:

$$C_{\text{折旧}} = \frac{A \times (1 - R_v)}{D_p \times U} \quad (9)$$

式中, $C_{\text{折旧}}$ 单位为元/h; R_v ——残值系数。折旧费一般占总投资额的5%~10%。

3.1.3 保险费估算模型

$$C_{\text{保险}} = k \times \frac{C_{\text{飞机}}}{U} \quad (10)$$

式中, $C_{\text{保险}}$ ——飞机价格; k ——飞机折价系数,一般为1%。

3.1.4 机组人员费用估算模型

由于空勤成本在不同地区的经济水平和定义上的差别,占DOC比例的差异也比较大,欧美空勤成本考虑了津贴、训练费、人事费、工资税、附加空勤员费用和利用系数等。而国内DOC一般主要计及空勤工资、奖金、津贴和飞行补助

等收入项目。模型如下：

$$C_{\text{机组}} = 2m_1 \times S_1 / U \quad (11)$$

式中， $C_{\text{机组}}$ ——机组人数； S_1 ——机组每人年工资(含工资、奖金、补助等)，元/人。

3.1.5 燃油成本估算模型

$$C_{\text{燃油}} = 1.03 \times P_{\text{燃油}} \times q \quad (12)$$

式中， $C_{\text{燃油}}$ ——燃油价格，元/L，按最新公布的中国进口航空煤油到岸税后价格计。 q ——每飞行小时耗油率，L/h。

3.1.6 维修成本估算模型

直接维修成本(DMC)估算是个难题。DMC包括机体维修工时成本、机体维修材料成本、发动机维修成本和发动机维修材料成本四项，且与目标年利用率、平均航段距离和飞机维修体制等有关。对于有运营经历的飞机，应尽可能采用实际数据。新研制飞机DMC的估算主要依据同类竞争飞机的统计资料的分析。

在新研制飞机的方案优化和竞争分析中，经常利用飞机和发动机的价格和设计参数等来估算DMC。本文根据国内正在运行的民机型号(不仅限于直升机，也不限于吨位大小)的直接维修成本的经验数据建立模型。

1) 机体维修工时成本(元/飞行小时)

$$DMC_a = k_{\text{机体}} \times R \times \left[(0.09W_{af} + 6.7 - \frac{350}{W_{af} + 75}) \times (0.8 + \frac{0.68(t-t')}{t}) \right] \quad (13)$$

式中， $k_{\text{机体}}$ 为考虑机体大修寿命的修正因子，

$$K_{\text{机体}} = 1 + \left(\frac{\text{机体总寿命}}{\text{机体大修间隔时间}} - 1 \right) \times 0.15$$

R ——维修工时费，含消耗(元/工时)； W_{af} ——机体重量(t)，即去掉发动机重量后的空机重量； t ——典型飞行任务飞行时间(h)； t' ——典型飞行任务的地面时间。

2) 机体维修材料成本(元/飞行小时)

$$DMC_b = k_{\text{机体}} \times \frac{4.2 + 2.2 \times (t - t')}{t} \times C_{\text{机体}} \quad (14)$$

式中， $C_{\text{机体}}$ ——机体价格(百万元)，即去掉发动机价格后的飞机价格。

3) 发动机维修工时成本(元/飞行小时)

$$DMC_c = k_{\text{发动机}} \times 0.3956 \times R \times C_t \times (1 + N)^{0.4} \quad (15)$$

式中，为考虑发动机大修寿命的修正因子，

$$K_{\text{发动机}} = 1 + \left(\frac{\text{发动机总寿命}}{\text{发动机大修间隔时间}} - 1 \right) \times 0.25$$

N ——起飞功率(千轴马力)； $C_t = 0.032n_c + k_{\text{轴}}$ ，其中，

n_c 为压气机级数， $k_{\text{轴}}$ 为轴数的函数，取值如下表：

表2 发动机轴数的函数表

Table 2 Engine shaft function table

轴数	1	2	3
$k_{\text{轴}}$	0.5	0.57	0.64

4) 发动机维修材料成本(元/飞行小时)

$$DMC_d = k_{\text{发动机}} \times 4.968 \times (1 + N)^{0.8} \times (C_n + C_t) \quad (16)$$

式中， $C_n = 0.4 \times \left(\frac{BPR}{20} \right)^{1.3} + 0.4$ ，其中， BPR 为发动机总压比。

综合上式，考虑因起落次数引起的发动机维修工时成本与材料成本，则发动机总维修成本(EMC)的综合估算模型为：

$$EMC = \frac{N_e \times (DMC_c + DMC_d)(t - t' + 1.3)}{t} \quad (\text{元/h}) \quad (17)$$

3.1.7 导航费

根据民航规财发[2005]145号《关于调整国内航空公司航路费最低收费标准的通知》、民航规财发[2005]146号《关于调整中国境内部分航路费收费标准的通知》和民航局[1992]94号《关于调整民用机场收费标准的通知》来进行收费。导航费收费标准如表3所示，机场进场指挥收费标准如表4所示。

表3 民航导航费用收费标准

Table 3 Fee charging standard of civil aviation navigation

机场导航费收费标准/(元/km)				
最大起飞重量/t	≤25	25~50	50~100	>100
收费标准/(元/km)	0.1	0.2	0.3	0.4

表4 民航进场指挥费用收费标准

Table 4 Fee charging standard of civil aviation command admission

机场进场指挥收费标准/(元/t)				
最大起飞重量/t	≤25	25~100	100~200	>200
收费标准/(元/t)	4	5	7	8

计算该项费用时需要直升机的最大起飞重量、任务航程和典型任务飞行时间作为输入参数。

3.1.8 机场收费

机场收费包括起降费、停场费、旅客服务费、客桥费和安检费等。根据中国民用航空总局与国家发展和改革委员会联合发布的[2007]159号《关于印发民用航空收费改革实施方案的通知》(机场类别如表5所示)，不同类别的机场，其起降和地面服务收费标准不同(见表6)。

表5 中国民航机场类别

Table 5 Category of china civil avicorion airport

机场类别	机场
一类1级	首都、浦东
一类2级	广州、虹桥、深圳、成都、昆明
二类	杭州、西安、重庆、厦门、青岛、海口、长沙、大连、南京、武汉、沈阳、乌鲁木齐、桂林、三亚、郑州、福州、贵阳、济南、哈尔滨
三类	其他机场

计算该项费用时需要直升机的最大起飞重量作为输入参数。

3.1.9 地面服务费

地面服务费包括一般代理费、配载/通信/集装设备管理/旅客/行李服务收费、站坪服务、例行检查费、飞机放行、过站服务和飞机勤务收费等费用。根据民航法[2007]159号《关于印发民用航空收费改革实施方案的通知》，按飞机商载和座位数计算。

3.1.10 民航建设基金

依据《民航基础设施建设基金征收使用管理暂行办法》第六条，根据区域经济发展状况，航线划分为三类，如表7所示。民航建设基金按飞机最大起飞重量计算，且不同类别航线，收费标准不同(见表8)。

3.2 试算结果

根据输入参数和运营条件的假设，结合估算模型，可以得到某型直升机每飞行小时的直接使用成本，同时考虑导航收费、机场收费、地面服务费和民航建设基金等费用，估算得到每飞行小时直接使用成本构成如图1所示。按照目前航空公司的管理经验数据，间接使用成本一般与直接使用成本的比例为1:1(平均水平，有时会达到1.5:1)。估算结果表明模型符合目前国内外民用直升机的普遍规律。

4 民用直升机项目费效综合分析

民用直升机除了满足用户对性能的需求外，采购费用和后期的维护费用还应低于同等吨位的直升机，才能具有一

表6 民航机场收费标准

Table 6 Charge standard of civil aviation airport

机场类别	起降费/(元/架次)					停场费/(元/架次)	客桥费/(元/h)	旅客服务费/(元/人次)	安检费	
	≤25t	26~50t	51~100t	101~200t	>200t				旅客行李费/(元/人次)	货物邮件/(元/t)
一类1级	240	650	1100+22 × (T-50)	2200+25 × (T-100)	5000+32 × (T-200)	2小时内免收。超过2小时，每停场24小时(包括不足24小时)按照起降费的15%计收。	单桥:1小时以内200元。超过1小时每半小时(包括不足半小时)100元。多桥:按单桥标准的倍数计收。	34	5	35
一类2级	250	700	1100+23 × (T-50)	2250+25 × (T-100)	5050+32 × (T-200)			40	6	40
二类	250	700	1150+24 × (T-50)	2350+26 × (T-100)	5100+33 × (T-200)			42	7	41
三类			1300+24 × (T-50)	2500+25 × (T-100)	5150+33 × (T-200)			42	7	42

表7 中国民航航线类别

Table 7 Category of china's civil aviation routes

一类航线	东中部16省市范围内航线:北京、天津、上海、河北、山西、江苏、浙江、福建、山东、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广东、海南
二类航线	东中部16省市与西部、东北15省市之间的航线
三类航线	西部、东北15省市范围内航线

表8 民航建设基金收费标准/(元/km)

Table 8 Fund fees standard of civil aviation construction

飞机最大起飞重量/t	一类航线	二类航线	三类航线
≤50	1. 15	0. 90	0. 75
50~100	2. 30	1. 85	1. 45
101~200	3. 45	2. 75	2. 20
>200	4. 60	3. 65	2. 90

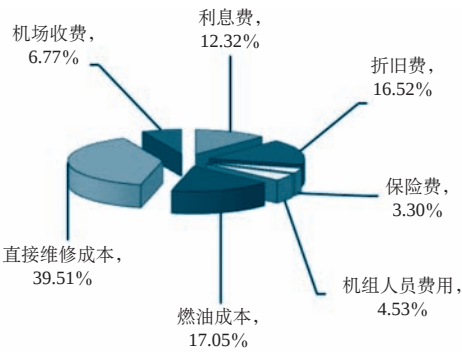


图1 某型直升机直接使用成本构成
Fig. 1 Direct use of a helicopter cost structure

定的竞争优势,从而吸引更多用户^[10]。

因此,为了分析与竞争机型相比的经济性,提出以下三个方法,以开展直升机费效综合分析研究。

1) 与国内运营的国外同等吨位直升机的单机采购成本和每飞行小时的运营成本进行直接对比;

2) 结合直升机的使用效能,进行基于能力的单机采购费和单机每飞行小时的运营成本对比研究;

3) 假设同样的飞行剖面、同样的国内运营环境,使用模型对竞争机型的运营成本进行估算,得到国外同等吨位直升机在中国运营环境下的运营成本,并与国产直升机的估算结果进行对比。

通过上述三种方法对某型国产直升机与竞争机型的对比分析,可以发现:

1) 与国内运营的竞争直升机相比,国产直升机的采购价格低7.87%,运营成本低12.46%,较之具有一定的竞争优势。单位能力的采购价格和运营成本分别比A109直升机低28.56%和32.12%。所以,综合考虑运力和成本因素,国产直升机与国内运营的竞争直升机相比,经济性竞争优势较明显。

2) 与国际上运营的3种竞争机型相比,国产直升机的单机采购价格分别低7.87%、高0.36%、低3.10%。从单机售价角度来看,国产直升机具有一定的优势。国产直升机的直接使用成本分别高7.01%、低15.21%、高1.38%。从单机每飞行小时的直接使用成本角度来看,国产直升机在国际市场上的竞争优势基本相当。

国产直升机单位能力的采购价格(单机价格/座公里)是最低的,分别比竞争机型低24.35%、低28.56%、低37.04%,平均低29.98%。单位能力的直接使用成本(直接使用成本/座公里)同样比竞争机型低,分别低32.11%、高19.33%、高34.13%,平均低28.53%。综合考虑运力和成本因素,国产直升机与竞争机型在国际市场上同样具有较大的竞争优势;

3) 同等飞行剖面,同等国内运营环境下的估算结果表明,国产直升机比国外同类产品在国内市场上运营时具有一定的优势,直接使用成本可以比同类产品低约21.40%,这说明国产直升机在国内运营环境下也具有较好的经济性优势。

综合上述费效综合分析,国产直升机与竞争机型相比,在国内市场上运营时具有一定的经济性优势,在国际市场上运营时的竞争优势基本相当。

估算过程与结果表明,该方法适用于民用直升机使用经济性的快速评估。

5 结论

本文采用工程法、参数法与类比法相结合的方法,利用多种修正系数,建立了适用于民用直升机全寿命周期费用快速估算的模型,并对某型国产直升机的直接使用成本进行了估算。同时,本文形成了开展民用直升机费用—效能综合评估的方法体系,并对某型国产直升机的经济性与国内外竞争机型进行了对比分析。目前,该模型已经应用于国内某型民用直升机的立项论证工作中,得到了良好的初步效果。 **AST**

参考文献

- [1] Patrieia J. Leslie, Daniel R Wiebelhaus. Technology must be applied to reduce production and maintenance cost[J]. AHS 53rd Annual Folqlm, 1997:6.
- [2] Liebeck, R.H. Advanced subsonic airplane design and economic studies[R]. NASA CR-195443, Los Angeles, CA: NASA, 1995.
- [3] Robert Silbergleit. Cost-effectiveness of helicopter transport of stroke patients for thrombolysis[J]. ACAD EMERG MED, 2003, 10(9).
- [4] Joseph J. Klumpp. Parametric cost estimation applied to composite helicopter airframes[D]. Monterey, California: Naval Postgraduate School, 1994.
- [5] Michael N. Beltromo. Parametric study of helicopter aircraft systems costs and weights[R]. NASA CR-152315, Los Angeles, CA: NASA, 1980.
- [6] J.F. Boer. Helicopter life cycle cost reduction through pre-design optimization[R]. VIVACE Forum 1, Warwick UK: 2005.
- [7] Dr. C. SEVIN. Helicopter life cycle cost reduction through pre-design optimisation[R]. VIVACE Forum 2, The Hague: 2006.
- [8] Ross T. E. Designing for minimum cost: a method to assess commercial aircraft technologies[D]. Purdue University School of Aero & Astro, 1998.
- [9] Stephen J. Blewitt. Research requirements to reduce civil helicopter life cycle cost[R]. NASA CR-145379, Los Angeles, CA: NASA, 1978.
- [10] D.G. Thomson. Mathematical definition of helicopter maneuvers [J]. Journal of the American Helicopter Society, 42(4), 1997: 307-309.

作者简介

邢宏波(1978—) 女, 硕士学位, 工程师, 主要研究方向: 飞机

型号项目管理。

Tel.: 010-57827706

张海涛(1982—) 男,硕士学位,工程师,主要研究方向:航空

Email: zhanghaitao_adr@163.com

装备经济性分析。

Comprehensive Analysis of The Cost-effectiveness for Civil Helicopters

XING Hongbo¹, ZHANG Haitao^{2,*}

1. Major Project Management Department, AVIC, Beijing 100026, China

2. China Aviation Industry Development Research Center, Beijing 100029, China

Abstract: Using engineering analogy method and parameter method to establish a civilian helicopter development, production and direct operating cost assessment model, and the direct operating cost of one civil helicopter had been estimated. The result accorded with the common rule of civil helicopters at home and abroad. Combined with seat kilometers factors, developed helicopter cost-effective analysis model based on a comprehensive capabilities. And the economical efficiency of a certain domestic helicopter was comparative analysis with competition models. The results show that the model can be applied to rapid assessment the civil helicopters' use economy.

Key Words: civilian helicopter ; development cost ; production cost ; direct operating cost

Received: 2013-09-04; Accepted: 2013-12-09

* Corresponding author. Tel: 010-57827702 E-mail: zhanghaitao_adr@163.com