

# 民用飞机技术决策方法研究

李 稷\*

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

**摘 要:**我国民用飞机研制工作起步较晚,在研制过程中出现了大量待解决的技术问题,影响了项目研制进度。如何精准高效地解决技术问题,在现有的技术方案中,选取最优的技术方案,是保证民用飞机研制进度乃至整个项目成功的关键性因素。通过对民用飞机技术管理工作现状的分析,运用项目管理学的基本理论,结合民用飞机研制的特点以及前期民用飞机研制技术管理相关工作经验,对民用飞机技术决策方法进行了研究,通过使用技术方案评估矩阵的方法,对技术方案本身及利益攸关方进行全面的评估,总结出一套民用飞机技术决策方法,以期对后续民用飞机技术决策工作提供参考。

**关键词:**民用飞机;技术决策;评估矩阵;管理

中图分类号: V221

文献标识码: A

OSID:



## 0 引言

按照适航条款要求研制新型国产民用飞机,不仅要突破技术难点,研制出满足适航条款要求的飞机,更要取得市场成功,进而取得商业成功<sup>[1]</sup>。为了满足市场要求,国产民机研制对标国际先进技术,采用了大量国际先进机载系统。由于系统集成难度较大,所采用的技术方案既要保证满足适航条款的要求,又要满足市场的要求,因此,如何在研制过程中进行技术管理,对研制过程中出现的各种技术方案进行合理决策,从全机集成的角度,对技术方案进行取舍,从而获得对全机最优的技术方案<sup>[2]</sup>,是保证民机研制工作能够顺利进行,并取得整个项目成功的关键因素。

## 1 国内民机技术管理工作现状

经调研,国内目前仅有运 12 飞机和 ARJ21 飞机是取得民用飞机型号合格证的国产民用飞机,故国内民用飞机研制成功的案例较少,民机研制项目管理经验相对不足。为此,近年来民机研制领域项目管理人员在总结前期成功型号项目管理经验的基础上,对民用飞机项目管理方法进行了研究,研究方

向主要集中于计划管理、经费管理、风险管理等方面,但对技术管理方面的研究相对较少。

技术问题是民机研制项目顺利进行的“拦路虎”,选择一个好的技术方案是解决技术问题,保证项目顺利进行的关键。如何进行技术决策,对技术方案进行合理选择,是技术管理工作的核心内容,结合前期国内民机研制项目技术管理工作实践,运用项目管理学的基本理论,总结出民用飞机技术决策方法,指导了国产新型支线飞机的技术决策工作。

## 2 技术方案的评估

采用对全机最优的技术方案是技术决策的关键核心内容,结合民机研制的特点,决策前需从安全性、经济性、技术成熟度、性能、重量、舒适性等维度,对技术方案自身及利益攸关方进行量化评估。

### 2.1 安全性指标

安全性指标是民机设计的首要指标,《中华人民共和国民用航空法》第四章第三十四条明确规定“设计民用航空器及其发动机、螺旋桨和民用航空器上设备,应向国务院民用航空主管部门申请领取型号合格证。经审查合格的,发给型号合格证书。”即民机产品必须进行适航审定,接受适航管理,而适

\* 通信作者. E-mail: lij@comac.cc

引用格式: 李稷. 民用飞机技术决策方法研究[J]. 民用飞机设计与研究,2020(4):108-111. LI J. Research on the technology decision method for civil aircraft[J]. Civil Aircraft Design and Research,2020(4):108-111(in Chinese).

航管理的目的就是保证民用航空器的适航性,保证飞行安全<sup>[3]</sup>。民用飞机最重要的是安全性,在进行技术方案决策前,需评估技术方案是否满足安全性指标,是否满足适航条款的要求。

安全性指数用  $S$  表示,满足安全性指标的技术方案  $S$  值为 1,不满足安全性指标的技术方案  $S$  值为 0,是否满足安全性指标对于技术方案具有一票否决制,如表 1 所示。

表 1 安全性指标

$S$	适航条款
1	满足条款要求
0	不满足条款要求

## 2.2 经济性指标

经济性指标是民机设计的核心指标,是决定民机市场竞争力,决定民机能否取得市场成功的关键性因素。随着航空工业的发展,民机的性能指标也在全面提升,工艺要求与设计也越来越复杂<sup>[4]</sup>,民机大幅度增长的成本成为制约民机发展的一个关键因素<sup>[5]</sup>。

民用飞机的经济性指标是在确保飞机安全性的前提下,以提升民机运营经济性、优化包括全生命周期成本在内的各项指标。为增强民用飞机的市场竞争力,在进行技术方案决策前,需评估技术方案对研制成本、制造成本、运营成本、处置成本的影响,进行盈亏平衡分析,同时考虑国产民机对于打破国际垄断的战略意义,还应考虑民机项目的战略成本及战略收益<sup>[6]</sup>。

经济性指数用  $V$  表示, $V$  值越大,单机成本降低越多,如表 2 所示。

表 2 经济性指标

$V$	单机成本
5	预计降低大于 100 万(含)
4	预计降低 50 万(含)~100 万
3	预计降低 10 万(含)~50 万
2	预计降低 10 万元以内
1	预计增加

## 2.3 技术成熟度指标

技术成熟度指标是民机设计的关键指标,技术成熟度是指技术满足预期的装备应用目标的程度,技术成熟度等级是用于衡量技术成熟度的尺度。依

据 GJB7688-2012《装备技术成熟度等级划分及定义》,技术成熟度等级分为九个等级:1)提出基本原理并正式报告;2)提出概念和应用设想;3)完成概念和应用设想的可行性验证;4)以原理样品或部件为载体完成实验室环境验证;5)以模型样品或部件为载体完成相关环境验证;6)以系统或分系统原型为载体完成相关环境验证;7)以系统原型为载体完成典型使用环境验证;8)以实际系统为载体完成使用环境验证;9)实际系统成功完成使用任务<sup>[7]</sup>。采用技术成熟度等级较高的技术方案,可以有效缩短民用飞机的研制周期,同时保证技术方案的可行性,在进行技术方案决策前,需对拟采用技术方案的技术成熟度等级进行评估。

技术成熟度指数用  $T$  表示, $T$  值越大,技术成熟度越高,如表 3 所示。

表 3 技术成熟度指标

$T$	单机成本
5	6 级及以上
3	4 级(含)~6 级
1	低于 4 级

## 2.4 性能指标

性能指标是民机设计的重要指标,飞机性能参数包括飞机的速度、高度、航程、航时、起飞距离、着陆距离等方面<sup>[8]</sup>。在同等座级的前提下,航空公司更愿意运营巡航高度高,航程长,起飞、着陆距离短的飞机。在进行技术方案决策前,需进行技术方案对飞机性能影响的评估。

性能指数用  $F$  表示,性能大幅提升  $F$  值为 2,性能未大幅提升  $F$  值为 1,如表 4 所示。

表 4 性能指标

$F$	性能
2	大幅提升
1	未大幅提升

## 2.5 重量指标

重量指标是民机设计的重要指标,全世界民用飞机设计师都为减轻飞机每一克重量而努力,民用飞机减重就意味着飞机的低油耗、低碳排放、更环保、高商载,在同等座级的前提下,航空公司更愿意运营重量较轻的民用飞机<sup>[9]</sup>。在进行技术方案决策前,需评估技术方案对飞机重量的影响。

重量指数用  $W$  表示,重量减轻 10 kg 及以上  $W$  值为 2,重量减轻 10 kg 以下  $W$  值为 1,如表 5 所示。

表 5 重量指标

$W$	重量
2	减轻 10 kg 及以上
1	减轻 10 kg 以下

### 2.6 舒适度指标

舒适度指标是民机设计所特有的指标,民用飞机的舒适性主要是指飞机在飞行过程中具有良好的稳定性,有宽敞的飞机座椅,舒适的温度及湿度,安静的舱内环境,机组和乘客有尽可能大的舒适性<sup>[10]</sup>。

对于驾驶舱舒适度指标的判定,可邀请飞行员对采用不同技术方案后的驾驶舱舒适度指标进行评估打分;对于客舱舒适度指标的判定,可邀请乘客及乘务员对采用不同技术方案后的客舱舒适度指标进行评估打分。

舒适度指数用  $C$  表示,舒适度大幅提升  $C$  值为 2,舒适度未大幅提升  $C$  值为 1,如表 6 所示。

表 6 舒适度指标

$C$	舒适度
2	大幅提升
1	未大幅提升

## 3 技术方案的决策

为了评估技术方案的优劣,应从安全性指标、经济性指标、技术成熟度指标、性能指标、重量指标、舒适度指标等维度建立技术方案评估矩阵,对技术方案进行综合性评估,以形成对全机最优的技术方案,支持总师系统技术决策,技术方案评估矩阵如表 7 所示。

表 7 技术方案评估矩阵

评估维度	技术方案 1	技术方案 2	评估方法
安全性指标 (S)	评估技术方案是否满足安全性指标,是否满足适航条款的要求	评估技术方案是否满足安全性指标,是否满足适航条款的要求	满足适航条款要求的技术方案 $S$ 值为 1,不满足适航条款要求的技术方案 $S$ 值为 0。是否满足条款要求对于技术方案具有一票否决权

评估维度	技术方案 1	技术方案 2	评估方法
经济性指标 (V)	评估技术方案对单机成本的影响	评估技术方案对单机成本的影响	$V$ 值越大,单机成本降低越多
技术成熟度指标 (T)	评估技术方案的成熟度等级	评估技术方案的成熟度等级	$T$ 值越大,技术成熟度越高
性能指标 (F)	评估技术方案对飞机性能的影响	评估技术方案对飞机性能的影响	性能大幅提升, $F$ 值为 2;性能未大幅提升, $F$ 值为 1
重量指标 (W)	评估技术方案对飞机重量的影响	评估技术方案对飞机重量的影响	重量减轻 10 kg 及以上, $W$ 值为 2;重量减轻 10 kg 以下, $W$ 值为 1
舒适度指标 (C)	评估技术方案对飞机舒适度的影响	评估技术方案对飞机舒适度的影响	舒适度大幅提升, $C$ 值为 2;舒适度未大幅提升, $C$ 值为 1

为了对技术方案的优劣进行客观比较,设定决策指数为  $D$ ,其数学表达式可表示为:

$$D = S \times V \times T \times F \times W \times C \quad (1)$$

式中: $D$  为决策指数; $S$  为安全性指数; $V$  为经济性指数; $T$  为技术成熟度指数; $F$  为性能指数; $W$  为重量指数; $C$  为舒适度指数。

$D$  值越大,方案越优。例如为解决某技术问题,提出两套技术方案,经评估:

技术方案 1:1) 满足适航条款要求,则  $S$  值为 1; 2) 单机成本预计降低 80 万元,则  $V$  值为 4;3) 技术成熟度等级为 7 级,则  $T$  值为 5;4) 性能指标大幅度提升,则  $F$  值为 2;5) 重量减轻 2 kg,则  $W$  值为 1; 6) 舒适度指标未大幅提升,则  $C$  值为 1。经计算  $D_1 = 1 \times 4 \times 5 \times 2 \times 1 \times 1 = 40$ 。

技术方案 2:1) 满足适航条款要求,则  $S$  值为 1; 2) 单机成本预计降低 20 万元,则  $V$  值为 3;3) 技术成熟度等级为 5 级,则  $T$  值为 3;4) 性能指标大幅度提升,则  $F$  值为 2;5) 重量减轻 15 kg,则  $W$  值为 2; 6) 舒适度指标未大幅提升,则  $C$  值为 1。经计算,  $D_2 = 1 \times 3 \times 3 \times 2 \times 2 \times 1 = 36$ 。

对两种技术方案的技术决策指数  $D$  进行比较,  $D_1 > D_2$ ,技术决策时选取技术方案 1。

## 4 结论

本文从分析国内民机技术管理工作现状出发,结合民机研制项目技术管理工作实践,提出了技术方案多维度评估方法,从安全性、经济性、技术成熟度、性能、重量、舒适度等方面建立评估矩阵,对技术方案进行量化评估,给出了一套完整的民用飞机技术决策方法,并介绍了具体使用方法,对我国后续民机研制技术管理工作提供支撑。

### 参考文献:

- [1] 贺东风,赵越让,郭博智,等. 中国商用飞机有限责任公司系统工程手册:第3版[M]. 上海:上海交通大学出版社,2019:8-9.
- [2] [美]Project Management Institute. 项目管理知识体系指南[M]. 许江林,译. 北京:电子工业出版社,2013:25-26.
- [3] 中国民用航空局航空器适航审定司. 航空器型号合格审定程序:AP-21-AA-2011-03-R4[S]. 北京:中国民用航空局航空器适航审定司,2011.

- [4] 徐华锋. 民用飞机全寿命周期费用灰色优化与预测模型[D]. 南京:南京航空航天大学,2014:10-19.
- [5] MOORE M D, HUYNH L C, WATERS M H, et al. Economic optimization of an advanced subsonic transport [R]. Reston: AIAA 97-5545, 1997.
- [6] 陈迎春, 李晓勇, 宋文斌. 商用飞机的经济性设计[J]. 民用飞机设计与研究, 2014(1):1-5;10.
- [7] 总装电子信息基础部标准化研究中心. 装备技术成熟度等级划分及定义:GJB7688-2012[S]. 北京:总装电子信息基础部标准化研究中心,2012.
- [8] 吴子牛,王兵,周睿,等. 空气动力学[M]. 北京:清华大学出版社,2007:64-65.
- [9] 方从法,罗茜. 民用航空概论[M]. 上海:上海交通大学出版社,2012:77-79.
- [10] 初建杰,裴卉宁,余隋怀,等. 民机客舱舒适度评估指标体系及评估方法研究[J]. 人类工效学, 2017(3):50-55.

### 作者简介

李 稷 男,硕士研究生,高级工程师。主要研究方向:民用飞机项目管理。E-mail: lij@comac. cc

## Research on the technology decision method for civil aircraft

LI Ji \*

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

**Abstract:** The development of civil aircraft in China started late, and there were a lot of technical problems to be solved in the process of development, which affects the progress of project development. How to accurately and efficiently solve the technical problems, that is, how to select the best technical solution in the existing technical solutions, is the key factor to ensure the development progress and even the success of the whole civil aircraft project. Based on the analysis of the current situation of civil aircraft technology management, using the basic theory of project management, combined with the characteristics of civil aircraft development and related work experience of civil aircraft development technology management, the paper studies the technical decision-making method of civil aircraft, and comprehensively evaluates the technical scheme itself and stakeholders by using the technical scheme evaluation matrix. This paper summarizes a set of civil aircraft technology decision-making methods so as to provide reference for subsequent civil aircraft technology decision-making work.

**Keywords:** civil aircraft; technology decision; evaluation matrix; management

\* Corresponding author. E-mail: lij@comac. cc