

基于市场需求的商用飞机 经济性分析方法

Economics Analysis Method for Commercial Aircraft Based on Market Demand

任启鸿 王如华 / Ren Qihong Wang Ruhua

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

摘要:

商用飞机的经济性是影响航空市场竞争的关键因素之一,也是航空公司进行飞机选型和制造商开展型号研制的重要指标之一。基于商用飞机运营成本以及市场需求,建立了经济性评估模型。并进行案例分析,比较不同座级飞机在不同市场的经济适应性以及竞争力。

关键词:商用飞机;市场需求;经济性

中图分类号:F407.5

文献标识码:A

[**Abstract**] Aircraft economics is one of essential factors in aircraft competition, and it is also a critical measurement in aircraft development and purchasing. This paper establishes an Aircraft economics assessment model based on operating cost and market demand.

[**Key words**] commercial aircraft; market demand; economics

0 引言

商用飞机价格昂贵,使用成本高,从市场角度来看,经济性是影响航空市场竞争的关键因素之一,也是航空公司进行飞机选型和制造商开展型号研制的重要指标之一。由于商用飞机的经济性既受到航客座级、性能等技术因素的影响,也受到航线、运营环境等市场需求的影响,因此需要选取合适的技术指标度量商用飞机的经济性。

对于航空公司而言,商用飞机具有资本品“趋利”的本质。航空公司通过运输旅客或者货物达到盈利的目的,因此商用飞机在特定市场运营所获得的利润,可以直观反映商用飞机的经济性。

本文通过分析建立商用飞机运营成本模型以及基于市场需求的收益模型,对商用飞机在不同市场的经济性进行评估。通过典型飞机的案例分析,比较不同座级的飞机在不同市场的经济适应性以及竞争力。

1 经济性分析数学模型

要完成飞机经济性分析,必须建立完整的飞机运营成本模型以及基于市场需求的收益模型。美国航空运输协会(ATA)于1944年发表了首个被广泛认可的飞机直接运行成本估算方法。在此基础上,航空制造商对商用飞机的运营成本进行了深入的分析。中国商飞在总结国外研究的基础上,提出了适用于中国环境的航空公司运营成本模型。

1.1 运营成本模型

一般情况下,商用飞机的运营成本由直接运营成本和间接运营成本两部分组成。其中,直接运营成本包括所有权成本与现金使用成本。直接运营成本与飞机的运营相关,主要取决于飞机的设计,而间接运营成本与飞机运营无关,取决于航空公司的商业模式以及管理水平。商用飞机运营成本结构如图1所示。

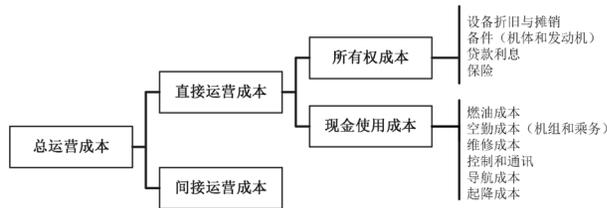


图1 商用飞机运营成本结构

以下对重要的成本项进行定义与说明。

(1) 所有权成本

所有权成本由与飞机资产有关的折旧、备件、贷款利息以及保险构成。折旧成本的计算中涉及四个关键参数：投资总额、折旧年限、残值和飞机利用率。备件则分为机体备件与发动机备件两部分，航空公司根据自身情况设定相应备件率。航空保险则主要包括机身险、第三者责任险。保险费率与飞机价格、航空公司安全纪录、机队规模、机龄和经营模式等有关。

(2) 燃油成本

燃油成本是直接运营成本重要的组成项，主要由燃油与轮挡油耗相关。近年来，油价波动频繁，航空公司承受着巨大的燃油成本压力。因此，航空公司通过加速机队更新与选择高燃油效率的机队来应付难以预测的油价变化。轮挡油耗则是飞机设计、发动机以及结构设计的综合体现，是飞机设计的核心。

(3) 维修成本

维修成本是飞机直接运营成本计算中最为复杂的项目。维修成本由飞机机体维修成本和发动机维修成本两部分组成，与机型、机龄、运行因素以及航空公司经营模式等有关。一般采用参数法，通过飞机机体以及发动机的特征参数（机体重量、发动机推力、发动机涵道比等）预估飞机的维修成本。

(4) 导航与起降成本

导航成本包括航路导航费和进近指挥费，一般按飞机重量及航线距离收费，具体费率因地区差异有所不同。起降成本一般取决于最大起飞重量，其计算方式也存在地区差异。

典型 160 座窄体飞机的直接运营成本如图 2 所示。

从图中可以看出，在飞机的直接运营成本中，所有权成本以及燃油成本占直接运营成本比重最大，分别为 33% 和 32%。其次是机场起降收费，占直接运营成本的 12%。具体分析影响直接运营成本的飞机参数，可以发现飞机的直接运营成本受到

商载能力、航程、重量以及价格等因素的影响。表 1 列出了主要技术参数及其影响。

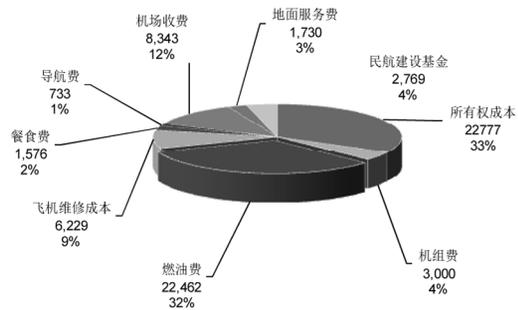


图2 典型窄体机直接运营成本

表 1 影响飞机运营成本的主要参数

影响成本的技术参数	对运行成本的影响
飞机座位数 (商载能力)	商载是航空公司的收益来源。商载越大，最大起飞重量越大，运行成本 (燃油成本、起降费、导航费、地面操作收费和民航建设基金) 增加。
飞机设计航程	设计航程越大，最大起飞重量越大，运行成本增加。
最大起飞重量 (MTOW)	影响推力需求、耗油量、起降费、导航费、民航建设基金等。
最大零油重量 (MZFW)	影响最大商载能力 (最大商载 = MZFW - OEW)，商载是航空公司的收益来源。
使用空重 (OEW)	OEW 被称为“无效载荷”，OEW 增加，商载能力将降低。要求 OEW 最小化。
耗油率和轮挡耗油	气动设计、发动机和结构设计的综合体现。涉及燃油成本等。
飞机售价	新技术发动机和新材料等可能提高研制成本和售价，因而影响所有权成本。

1.2 运营收入模型

航空公司航线运营收入与平均票价以及平均旅客人数相关。平均旅客人数又受到飞机座级和市场的影响。

对历史数据的统计分析表明，市场需求一般会呈现正态分布的特征。因此可以通过平均值以及标准差两个参数进行表征。其中，平均值代表了市场需求的大小，标准差代表了市场需求的离散程度。在实际工作中，为了便于比较不同规模的市场，需要引入差异系数。

不同的需求曲线，代表了不同的细分市场，也表现了不同的市场特点。一般商务旅行市场的差异系数较大，市场需求的相对离散程度较高。而休闲旅行市场的差异系数较小，市场需求的相对离散程度较低，峰值较为集中。

当市场需求超过运力供给时,会产生旅客溢出,从而使得实际平均旅客数小于平均市场需求。从图中可以看出,当市场需求小于飞机座位数时,飞机能够满足旅客需求。此时,运输人数为市场需求人数。当市场需求大于飞机座位数时,产生溢出。此时,飞机达到最大载客人数,运输人数为飞机座位数。航空旅客市场溢出模型如图3所示。

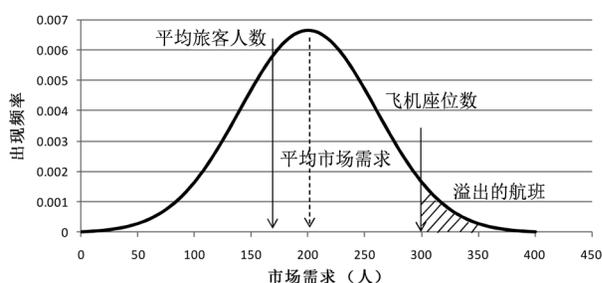


图3 航空旅客市场溢出模型

通过市场特征参数以及飞机座位数,可以计算出平均旅客人数,计算方法见式(1)。

$$\bar{p} = \int_0^S p \times f(p; \mu, \sigma) dp + \int_S^{\infty} S \times f(p; \mu, \sigma) dp \quad (1)$$

式中: \bar{p} 为平均旅客人数; p 为市场需求人数; μ 为市场需求分布平均数; σ 为市场需求分布标准差; $f(p; \mu, \sigma)$ 为正态分布密度函数; S 为飞机座位数。

在其他参数不变的情况下,随着市场需求的增加,溢出人数和平均旅客人数相应增加。随着座位数的增加,平均旅客人数增加,溢出人数减少。

2 案例分析

根据文中提出的经济性分析模型,选取典型涡桨支线机、典型喷气支线机和典型喷气窄体机三种机型作为案例,对其经济性进行分析比较。其总体参数见表2。

表2 典型飞机总体参数

项目	涡桨支线机	喷气支线机	喷气窄体机
最大起飞重量 / t	28.9	48.8	73.5
最大着陆重量 / t	27.7	45	64.5
使用空重 / t	17.1	28.6	41.2
制造空重 / t	15.6	27.8	37.7
座位数	74	118	160
500nm 轮挡时间/min	108	94	95.3
500nm 轮挡燃油/kg	1 830	2 974	3 329

经济性使用的经济环境假设以及运营环境假设见表3、表4。

表3 经济环境假设条件

项目	假设	项目	假设
贷款	100% 飞机投资总额	美元汇率	1USD = 6.20RMB
贷款年利率	6.55%	燃油价格	7 245.5RMB/t
贷款年限	每年还贷2次,20年还清	年保险金	0.1% 飞机价格
折旧	20年,残值5%	备件假设	机体备件:6% 机体价格 发动机备件:20% 发动机价格
间接运营成本	20% 的直接运营成本		
飞机价格	市场销售价		
税收政策	进口飞机(OEW ≥ 25t):5% 增值税,1% 进口税。 进口备件:17% 增值税,5% 进口税(无论国产或进口飞机)。		

表4 运营环境假设条件

项目	假设
平均航段距离	500nm
日利用率	8 小时/天
过站时间	0.5 小时
维修劳务费率	40 美元/维修小时
起降机场	起飞:国内一类机场 降落:国内一类机场
差异系数	0.35
票价费率	0.9 元/客公里

基于文中提出的模型以及以上假设,分别对三种不同的机型进行典型航段飞机经济性分析。分析结果如图4所示。

通过经济性的分析,可以清晰地看出航段盈亏平衡人数,以及不同飞机在不同市场需求下经济性的比较。从上文分析中可以发现,由于旅客需求对航段运营成本的影响很少,但对收益影响很大。因此,商用飞机经济性的变化趋势与收入变化基本相同。

当需求人数较小时,小座级的涡桨支线飞机由于最大起飞重量轻,油耗少,售价也便宜,因此其运营成本也远小于喷气支线机与喷气窄体机。当平均旅客需求为58人时,涡桨支线飞机即可以实现盈利。随着旅客需求的增长,由于座涡桨支线机运力有限,收入增长锐减,因此其利润的增长也相应减少。当平均旅客需求大于88人并小于135人时,喷

气支线机较涡桨支线机有明显的收入优势,较喷气窄体机有明显的成本优势。从图中可以直观看出,在该类市场中喷气支线机相较其他两者有经济性优势。对于平均旅客需求大于135人的市场,由于喷气窄体机能提供更多座位数满足市场需求,因此在该类市场中喷气窄体机经济性最优。

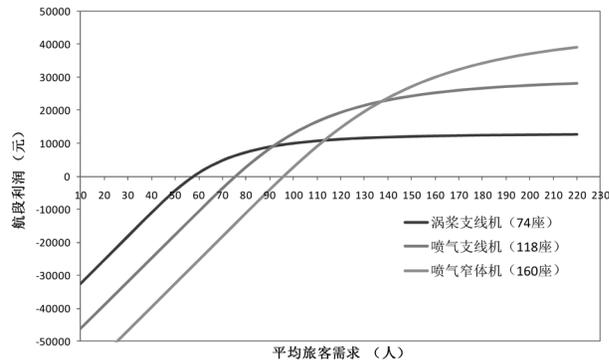


图4 商用飞机经济性

3 结论

本文结合商用飞机运营成本模型以及收益预估模型,提出了能够衡量飞机对于不同市场需求经济性的分析方法。本文还通过典型涡桨支线机、喷气支线机以及喷气窄体机案例分析,比较了不同机型对于不同市场的经济适应性以及竞争优势,为航空公司选型以及制造商优化设计提供评估依据。

为了进一步完善经济性分析方法,还需要采集商用飞机实际运营成本以及不同市场的需求数据,建立详实的运营成本以及收益管理数据库。此外还需要针对特定市场,对商用飞机的经济性进行深入分析。

参考文献:

- [1]叶叶沛. 民用飞机经济性[M]. 成都:西南交通大学出版社,2013:2-3.
- [2]保罗·克拉克. 大飞机选购策略[M]. 北京:航空工业出版社,2009:97-100.
- [3]王修方. 干线飞机直接使用成本的计算方法[J]. 民用飞机设计与研究,1995,3:39-43.
- [4]都业富. 民用飞机经济评价新方法[J]. 航空学报,1995,16(4):509-511.
- [5]ATA. Standard Method of Estimating Comparative Direct Operating Costs of Turbine Powered Transport Airplanes[R]. Washington DC,1967.
- [6]Liebeck R. H. Advanced Subsonic Airplane design and Economic Studies. NASA CR-195443, April 1995. Curran, R., Value-Driven Design and Operational Value, in Encyclopedia of Aerospace Engineering. 2010, John Wiley & Sons.
- [7]陈迎春,宋文滨,刘洪. 民用飞机总体设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,2010.

(上接第72页)

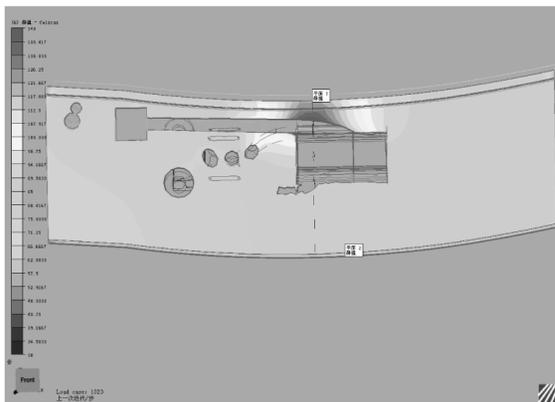


图8 空调组件安装区温度分布(Z方向)

通风冷却都能够显著降低区域温度。

参考文献:

- [1]陶文铨. 数值传热学[M]. 西安:西安交通大学出版社,1998:109-113.

- [2]杨世铭,陶文铨. 传热学(第三版)[M]. 西安:高等教育出版社,1998:130-135.
- [3]余建祖. 电子设备热设计及分析技术[M]. 北京:高等教育出版社,2001:166-169.
- [4]寿荣中,何慧姍. 飞行器环境控制[M]. 北京:高等教育出版社,2001:166-169.
- [5]Yue Ma, Chung J N. An experimental study of critical heat flux (CHF) in microgravity forced-convection boiling[J]. International Journal of Multiphase Flow, 2001, 27(10): 1753~1767.
- [6]Seghir-Ouali S., Saury D., Harmand S., et al. Convective heat transfer inside a rotating cylinder with an axial air flow[J]. International Journal of Thermal Sciences, 2006, 45(12): 1166-1178.
- [7]Huang Zhiyao. Application of electrical capacitance tomography to the void fraction measurement of two-phase flow[J]. Transactions on Instrumentation and Measurement, 2003, 52(1): 7-12.