

国产支线飞机航线运营经济性分析框架

林文进^{1,2*} 任和² 彭奇云²

(1. 中国商飞博士后工作站, 上海 200125; 2. 上海飞机客户服务有限公司, 上海 200241)

摘要:

国产某支线飞机进入市场化运营阶段,运营经济性成为推动民机产业发展的主导因素,亟需基于该支线飞机运营数据和实践经验研究建立国产支线飞机航线运营经济性分析框架。首先进行支线飞机潜在边际收益的因果关系分析,随后从成本和收益角度分别构建直接运营成本模型、间接运营成本模型、潜在边际收益模型、运输收益模型等,然后从年度收入-成本分析、寿命周期收入-成本分析、飞机投资回报分析三个维度提出支线飞机航线运营的经济性分析指标,从而构建了国产支线飞机的航线运营经济性分析框架。基于案例研究,从客公里收入、吨公里成本、收入-成本-利润、静态投资回收期、动态投资回收期等方面对飞机进行经济性分析,最后提出国产支线飞机的优化设计与运营经济性的相关建议。

关键词: 支线飞机; 经济性分析; 航线运营; 分析框架

中图分类号: F560

文献标识码: A

OSID:



0 引言

国产商用飞机制造业是现代制造业的一颗明珠,其产业链长、辐射面宽、连带效应强,是现代高新技术的高度集成。民机制造业在我国还处于成长阶段,2016年国产某支线飞机投入航线运营标志进入以市场为主导的市场化运营阶段,运营经济性成为推动民机产业发展的重要因素,然而国产某支线飞机在市场推广中面临一系列机遇与挑战。

从行业发展的角度看,中国的支线空运在未来有广阔的发展空间^[1]。根据中国民航局发布的官方数据^[2],截至2016年底中国内地航空公司共运营2 933架民航飞机,支线飞机为158架,干线飞机为2 775架,比例仅为0.06:1。相比之下,西方国家的支线与干线飞机的比例则要高得多^[3],其中加拿大的支线与干线飞机的比例为0.72:1,美国的支线与干线飞机的比例为0.66:1。从地理分布和经济发展的角度看^[4],中国航线密度差异化明显:支线落

后于干线,货运落后于客运,西部落后于东部等。从优化干线航空公司的航线网络结构角度看^[4],支线飞机在优化航空公司的航线网络结构中起核心作用,通过发挥支线飞机网络建设和增加频率等方面的优势,促进区域网络和枢纽航线的有机结合,从而不断推动航空公司航线网络合理化的进程。从替换战略来改善航空公司业绩角度看^[3],目前国内航空公司普遍存在干线飞机飞支线航线的现象,由于客流量不足,加之高铁的竞争导致不少航线亏损严重。如果用支线飞机替换干线飞机,通过增加航班频率不断培育航空市场并完善航空公司的区域网络,可促进航空公司业绩的整体提升即提高潜在边际收益。

尽管支线飞机在促进区域经济、优化干线航空的航线网络结构和改善航空公司业绩方面具有突出的作用,亟需考虑潜在边际收益,并从年度收入-成本分析、寿命周期收入-成本分析、飞机投资回报分析三个维度构建支线飞机航线运营的经济

[基金项目] 中国博士后科学基金第65批面上资助(2019M651630)。

* 通信作者。E-mail: linwenjin1@comac.cc

引用格式: 林文进,任和,彭奇云. 国产支线飞机航线运营经济性分析框架[J]. 民用飞机设计与研究,2019(4):21-30. LIN W J, REN H, PENG Q Y. A general analysis model of economical efficiency for regional aircraft operation[J]. Civil Aircraft Design and Research,2019(4):21-30(in Chinese).

性分析指标,从而构建相应的航线运营经济性分析框架。为解决上述问题,本文从问题阐述与建模、模型建立、案例研究与分析等几个方面进行论证与阐述。

1 问题阐述与建模

支线飞机区别于干线飞机的一个重要特征在于替换战略导致航空公司绩效的提升即潜在边际收益,若要建立经济性分析框架,需要考虑潜在边际收益,并建立相应的模型。

为有效建立潜在边际收益的模型,基于支线替换战略的因果关系图进行相应的分析。如图 1 所示,该因果关系包括 1 个正反馈,3 个负反馈,具体阐述如下。负反馈(B1):用支线飞机替换大飞机,有效降低航线运营单位成本,使得航空公司的盈利能力更强,公司出现更多增长机遇,航空公司获得更多动力采用支线飞机替换大飞机;负反馈(B2):公司出现更多增长机遇后,势必进一步提高航班频率,从而获得更好的航班计划,吸引更多的当地客流量,吸引更多的转机客流,进一步提升客座率,进而降低航线单位运营成本,使得航空公司的盈利能力更强;负反馈(B3):采用替换战略的航空公司航班频率提升后,自然挤占竞争对手的航班频率,使得竞争对手好的航班计划不断减少,不利于吸引当地的客流量和转机客流,进而导致客座率下降,而航线运营单位成本也随之提高,最终导致航空公司的盈利能力下降;正反馈(R1):采用替换战略的航空公司盈利能力变强后,自然挤占竞争对手的市场,迫使竞争对手进行回击,竞争对手的航班频率也随之增加,由于机场好的航线时刻资源有限,好的航班计划不断减少,当地的客流量,转机客流自然减少,客座率不断下

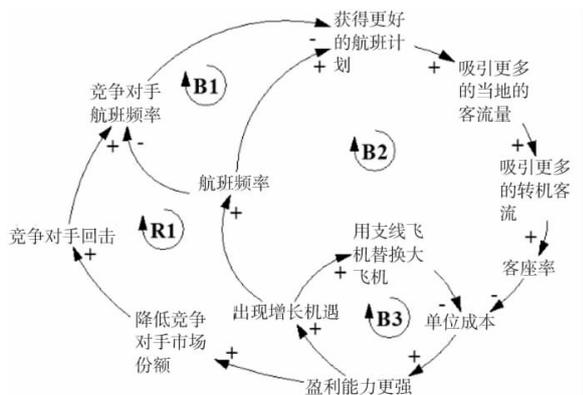


图 1 采用支线替换战略的航线运营经济性因果关系图

降,进而使得航线运营单位成本不断上升,最终导致航空公司的盈利能力减弱。经过分析可知,潜在边际收益主要与航空公司单位成本、航班频率有关以及当地客流量的增加有关系,后续潜在边际收益模型主要考虑上述因素。

为建立支线飞机航线运营经济性分析框架,须同时考虑成本和收益:成本部分包括直接运营成本(DOC)和间接运营成本(IOC)^[5];收益部分包括运输收益和潜在边际收益。此外,根据民机选型的相关研究成果^[6],从年度收入-成本分析、寿命周期收入-成本分析和飞机投资回报分析等三个维度对国产某支线飞机进行综合分析,从而建立国产某支线飞机的经济性分析框架,具体如图 2 所示。

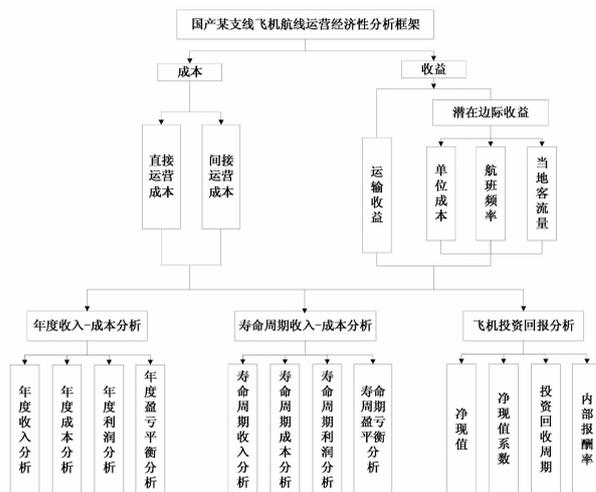


图 2 国产某支线飞机经济性分析框架

2 模型建立

本部分将从直接运营成本(DOC)、间接运营成本(IOC)和飞机收益等三个方面进行模型构建,具体阐述如下:(1)关于 DOC 的研究,航空公司和飞机制造商的侧重点不同。航空公司偏重于整个机队的运营成本,关注机队的成本管控、资金运作、资源配置以及市场竞争能力,以达到运营效益最大化的目的,主要有“ATA 法”、“ATA-67 年法”和“Harris 法”^[7-9]。飞机制造商偏重于其研制机型本身的经济性和竞争性,主要有波音 1993 年方法^[10]和 Liebeck 方法^[11-12]。Liebeck 方法主要研究每航段的直接运营成本而不是全年的成本,且燃油成本、空勤成本、空乘成本、导航费的计算不适用于国内航线或国产飞机,因此在国产支线飞机的 DOC 计算中需

要基于 Liebeck 方法进行优化与改进。(2) 国产某支线飞机的间接运营成本根据中国的划分标准,主要包括机组外的人工成本、飞行员引进成本,资产折旧、差旅、培训、制服费、场所租金、财务费用等。(3) 国内学者韩晓玲^[6]对飞机的收益进行了相关的研究,然而并未考虑支线飞机特有的潜在边际收益。此外,鉴于中国税收政策的变更,飞机的净利润计算需要考虑增值税、城市维护建设税和教育费附加等,因此在国产支线飞机的收益计算中需要进行相应的优化与改进。

2.1 成本部分

飞机的航线运营总成本(TOC)主要包括直接运营成本和间接运营成本^[5],如式(1)所示:

$$TOC(t) = DOC(t) + IOC \quad (1)$$

式中, $TOC(t)$ 为 t 年飞机的航线运营总成本; $DOC(t)$ 为 t 年飞机的直接运营成本; IOC 为飞机每年的间接运营成本。

2.1.1 直接运营成本

$$DOC(t) = C_o + C_c(t) \quad (2)$$

式中, C_o 为飞机每年的所有权成本; $C_c(t)$ 为 t 年飞机的现金成本。

2.1.1.1 所有权成本

$$C_o = C_D + C_I + C_{HI} \quad (3)$$

式中, C_D 为飞机每年的折旧成本; C_I 为飞机每年的利息费用; C_{HI} 为飞机每年的保险金;单位:美元。

1) 折旧成本

$$C_D = I_T \times \frac{1 - V_R}{P_D} \quad (4)$$

式中, I_T 为投资总额,单位:美元; V_R 为残值率; P_D 为折旧年限。

2) 利息费用

$$C_I = I_A \quad (5)$$

式中, C_I 为利息费用,单位:美元/航段; I_A 为年贷款利息,单位:美元,如式(6)所示:

$$I_A = \frac{I_T \times F \times (PN)(IR/PN)}{(1 - 1/(1 + IR/PN)^{(PN \times LP)} - 1/(PN \times LP))} \quad (6)$$

式中, F 为贷款比例; IR 为贷款年利率; LP 为还贷年限; PN 为每年还款次数。

3) 保险费

$$C_{HI} = IR \times P_A \quad (7)$$

式中, C_{HI} 为年保险费,单位:美元/航段; IR 为年保险费率; P_A 为飞机价格,单位:美元。

2.1.1.2 现金成本

现金成本由维修成本、航油成本、空勤成本、空乘成本和起降费及导航费组成。

$$C_C(t) = C_M + C_F(t) + C_{FC}(t) + C_{CC}(t) + C_N + (C_{AP} + C_{GRO} + C_{PS} + C_{CAC}) \times DEP \quad (8)$$

式中, C_M 为每年的维修成本; $C_F(t)$ 为 t 年飞机的航油成本; $C_{FC}(t)$ 为 t 年飞机的空勤成本; $C_{CC}(t)$ 为 t 年飞机的空乘成本; C_N 为飞机每年的导航费; C_{AP} 为机场收费; C_{GRO} 为地面服务费; C_{PS} 为旅客服务费; C_{CAC} 为民航发展基金。

1) 维修成本

飞机维修成本由机体维修成本和发动机维修成本组成。

$$C_M = C_{AM} + C_{EM} \quad (9)$$

式中, C_{AM} 为每年的机体维修成本; C_{EM} 为每年的发动机维修成本。

(1) 机体维修成本

$$C_{AM} = C_{AML} + C_{AMM} \quad (10)$$

式中, C_{AML} 为机体维修劳务成本; C_{AMM} 为机体维修材料成本。

(2) 发动机维修成本

$$C_{EM} = C_{EML} + C_{EMM} \quad (11)$$

式中, C_{EM} 为每年的发动机维修成本; C_{EML} 为每年的发动机维修劳务成本; C_{EMM} 为每年的发动机维修材料成本。

2) 燃油成本

$$C_F(t) = F_F(t) + T_{FCD} \quad (12)$$

$$F_F(t) = P_F \times W_F \times DEP \times (1 + IO)^t \quad (13)$$

$$T_{FCD} = W_F \times DEP \times 1/\rho_f \times RCD \quad (14)$$

$$W_F = R_L \times L_S + 686 \quad (15)$$

式中, C_F 为 t 年的燃油成本,单位:美元/a; $F_F(t)$ 为 t 年的燃油费用,单位:美元/a; T_{FCD} 为每年的燃油消费税; P_F 为燃油价格,单位:美元/kg; W_F 为每航段消耗的燃油重量,单位:kg/航段; ρ_f 为燃油密度,一般取值为0.78g/mL; RCD 为航空燃油消费税率,取值为1.2元/L^[13],折算成0.17美元/L; R_L 为飞机的燃油消耗率,单位:kg/km,国产支线飞机取值 $R_L = 4.345$ kg/km; L_S 为平均航段距离; IO 为航空燃油价格的年增长率。

3) 空勤成本

$$C_{FC}(t) = [220 + 0.266 * (MTOW \times 2.2/1000)] \times TBH_y \times (1 + IF)^t \quad (16)$$

式中, $C_{FC}(t)$ 为 t 年的空勤成本, 单位: 美元/h; $MTOW$ 为最大起飞重量, 单位: kg; TBH_Y 为年轮挡时间, 单位: h; IF 为飞行员工资的年均增长率, %。

4) 空乘成本

$$C_{CC}(t) = \left(\frac{S_A}{35}\right) \times 30 \times TBH_Y \times (1 + IC)^t \quad (17)$$

式中, $C_{CC}(t)$ 为 t 年的空乘成本, 单位: 美元/h; S_A 为可用座位数, 单位: 座; IC 为空乘工资的年均增长率。

5) 导航费

导航收费包括导航费和进近指挥费^[14-16], 具体如式(18)所示。

$$C_N = P_N \times H_F \times V_N + P_{APP} \times MTOW \times DEP \quad (18)$$

式中, C_N 为年导航费; P_N 为导航费率; H_F 为年飞行小时(年总利用率); V_N 为巡航速度; P_{APP} 为进近指挥费率^[17]。

2.1.1.3 机场收费

机场收费包括起降费、停场费、客桥费和安检费等^[17], 具体如式(19)所示。不同类别的机场, 其起降和地面服务收费标准不同, 根据相应的费率和机型一年内在机场起降次数可以得出机场收费。

$$C_{AP} = C_L + C_P + C_{PB} + C_{SI} \quad (19)$$

式中, C_{AP} 为机场收费; C_L 为起降费; C_P 为停场费; C_{PB} 为客桥费; C_{SI} 为安检费。

2.1.1.4 地面服务费

地面服务费包括代理费、过站服务费和飞机勤务费等费用^[17]。

$$C_{GRO} = C_{AF} + C_{PAS} + C_{AS} \quad (20)$$

式中, C_{GRO} 为地面服务费; C_{AF} 为代理费; C_{PAS} 为过站服务费; C_{AS} 为飞机勤务费。

2.1.1.5 旅客服务费

旅客服务费^[5]一般包括提供旅客休息室相关费用和机上提供的旅客餐饮费用, 具体如式(21)所示。

$$C_{PS} = F_{RS} + F_{PC} \quad (21)$$

式中, C_{PS} 为旅客服务费; F_{RS} 为旅客休息室相关费用; F_{PC} 为旅客餐饮费用。

2.1.1.6 民航发展基金

航空公司按照飞行航线分类、飞机最大起飞全重、飞行里程以及适用的征收标准缴纳民航发展基金^[18], 具体征收标准见表 1。

表 1 民航发展基金征收标准

航线类别	$MTOW \leq 50t$	$50t < MTOW \leq 100t$	$100t < MTOW \leq 200t$	$MTOW > 200t$
第一类航线	1.15	2.30	3.45	4.6
第二类航线	0.90	1.85	2.75	3.65
第三类航线	0.75	1.45	2.20	2.9

$$C_{CAC} = c_{cac} \times V \times FH \times EX \quad (22)$$

式中, c_{cac} 为民航发展基金的收费标准, 单位: 元/km; V 为航段飞行速度; FH 为航段飞行小时; EX 为人民币与外币兑换率。

2.1.2 间接运营成本

间接运营成本主要是除机组外的人工成本、飞行员引进成本, 资产折旧、差旅、培训、制服费、场所租金、财务费用等, 通常按一定比例计算。

2.2 收益部分

航线运输总收入(DOR)如式(23)所示:

$$DOR(t) = R_P(t) + R_{FM}(t) + R_B(t) \quad (23)$$

式中, $R_P(t)$ 为第 t 年运输旅客收入; $R_{FM}(t)$ 为第 t 年运输货邮收入; $R_B(t)$ 为第 t 年运输逾重行李收入。

2.2.1 运输旅客收入

$$R_P(t) = S_M \times PLF \times (1 + R_{PM}) \times [P_{FF} \times R_{FF} + F_D \times (1 - R_{FF})] \times NFY \times (1 + IP)^t \quad (24)$$

式中, S_M 为机型最大可用座位数; PLF 为航线客座率; R_{PM} 为潜在边际收益; P_{FF} 为全价票价; R_{FF} 为售出全价票占全部售出票的比例; F_D 为折扣票价; NFY 为航线年均航班次数; IP 为票价年均增长率。

2.2.2 潜在边际收益

$$R_{PM}(t) = CCI \times E_M \times E_O \quad (25)$$

式中, CCI 为单位成本对当地客流的影响; E_M 为航班频率对当地客流的影响; E_O 为当地客流水平。

2.2.3 运输货邮收入^[6]

$$R_{FM}(t) = PFM \times FW \times NFY \times (1 + IB)^t \quad (26)$$

式中, PFM 为货邮运价; FW 为年均航班货邮重量; IB 为货邮、行李运价年均增长率。

2.2.4 运输逾重行李收入^[6]

$$R_B(t) = P_L \times W_L \times R_{EL} \times NFY \times (1 + IB)^t \quad (27)$$

式中, P_L 为行李运价; W_L 为年均航班行李重量; R_{EL} 为逾重行李占行李重量的比例。

3 经济性指标

参考航空公司年报的要求,从年度收入-成本分析、寿命周期收入-成本分析和投资回报分析等三个维度提出飞机的航线运营经济性指标。以航线运输总收入 $DOR(t)$ 和总运营成本 $TOC(t)$ 模型为基础,可进一步计算年度和寿命周期的客公里、吨公里收入及成本。通过年度成本-收入分析可掌握飞机运营的近期经济状况,得到微观的飞机经济性分析。通过动态数列得到 $DOR(t)$ 、 $TOC(t)$ 和毛利润 $BY(t)$ 的变化规律可掌握飞机运营的长期经济状况,并且通过寿命周期年均值可得到宏观的飞机经济性分析。

3.1 年度收入-成本分析

3.1.1 收入分析

1) 客公里收入(RASK)

$$RASK(t) = DOR(t)/RPK_Y \quad (28)$$

式中, $RASK(t)$ 为第 t 年的客公里收入; RPK_Y 为每年完成的客公里。

2) 吨公里收入(RTKM)

$$RTKM(t) = DOR(t)/RTK_Y \quad (29)$$

式中, $RTKM(t)$ 为第 t 年的吨公里收入; RTK_Y 为每年完成的吨公里。

3.1.2 成本分析

1) 客公里成本(CASK)

$$CASK(t) = TOC(t)/RPK_Y \quad (30)$$

式中, $CASK(t)$ 为第 t 年的客公里成本。

2) 吨公里成本(CTKM)

$$CTKM(t) = TOC(t)/RTK_Y \quad (31)$$

式中, $CTKM(t)$ 为第 t 年的吨公里成本。

3.2 寿命周期收入-成本分析

3.2.1 飞机寿命周期收入

1) 寿命周期总收入及年均总收入

$$DOR_L = \sum_{t=1}^N DOR(t)/(1 + IQ)^t \quad (32)$$

$$DOR_{AV} = DOR_L/N \quad (33)$$

式中, DOR_L 为周期寿命收入; DOR_{AV} 为年均收入; IQ 为贴现率; N 为飞机寿命周期年数。

2) 寿命周期客公里收入及年均客公里收入

$$RASK_L = \sum_{t=1}^N RASK(t)/(1 + IQ)^t \quad (34)$$

$$RASK_{AV} = RASK_L/N \quad (35)$$

式中, $RASK_L$ 为寿命周期客公里收入; $RASK_{AV}$ 为年均客公里收入。

3) 寿命周期吨公里收入及年均吨公里收入

$$RTKM_L = \sum_{t=1}^N RTKM(t)/(1 + IQ)^t \quad (36)$$

$$RTKM_{AV} = RTKM_L/N \quad (37)$$

式中, $RTKM_L$ 为寿命周期吨公里收入; $RTKM_{AV}$ 为年均吨公里收入。

3.2.2 飞机寿命周期成本

1) 寿命周期总成本及年均总成本

$$TOC_L = \sum_{t=1}^N TOC(t)/(1 + IQ)^t \quad (38)$$

$$TOC_{AV} = TOC_L/N \quad (39)$$

式中, TOC_L 为寿命周期总成本; TOC_{AV} 为年均总成本。

2) 寿命周期客公里成本及年均客公里成本

$$CASK_L = \sum_{t=1}^N CASK(t)/(1 + IQ)^t \quad (40)$$

$$CASK_{AV} = CASK_L/N \quad (41)$$

式中, $CASK_L$ 为寿命周期客公里成本; $CASK_{AV}$ 为年均客公里成本。

3) 寿命周期吨公里成本及年均吨公里成本

$$CTKM_L = \sum_{t=1}^N CTKM(t)/(1 + IQ)^t \quad (42)$$

$$CTKM_{AV} = CTKM_L/N \quad (43)$$

式中, $CTKM_L$ 为寿命周期吨公里成本; $CTKM_{AV}$ 为年均吨公里成本。

3.3 投资回报分析

基于上述计算后,采用投资回报分析指标从整体上对飞机经济性优劣做出评估,这些评估指标包括净现值、内部报酬率、净现值系数和投资回收期。

3.3.1 净现值

净现值是将每年净现金流量折算到第一年年初价值之和,是从盈利的规模上反映飞机盈利能力,是一个评价飞机经济性的绝对指标。

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{BY(t)}{(1 + IQ)^t} - I_T \times (1 - V_R) \times EX \times N_A \quad (44)$$

$$BY(t) = DOR(t) - TOC(t) - T_{VA}(t) - T_C(t) - T_E(t) \quad (45)$$

$$T_{VA}(t) = RST \times DOR(t) - RIT \times DOC(t) \quad (46)$$

$$T_C(t) = RCT \times T_{VA}(t) \quad (47)$$

$$T_E(t) = RET \times T_{VA}(t) \quad (48)$$

式中, $BY(t)$ 为机队的总利润; $T_{VA}(t)$ 为增值
 税; $T_C(t)$ 为城市维护建设税; $T_E(t)$ 为教育费附
 加; RST 为销项税率; RIT 为进项税率; RCT 为城市
 维护建设税税率; RET 为教育费附加税率; I_T 为引
 进飞机的费用; N_A 为完成运输任务需要的飞机
 架数。

3.3.2 内部报酬率

内部报酬率是当净现值为零时, IQ 贴现率的
 值, 从飞机本身的期望现金流入和流出反映飞机的
 盈利能力, 是一个评价飞机经济性的相对指标。

令式(44)为零, 则有:

$$\sum_{t=1}^N BY(t)/(1+IRR)^t - (I_T - I_T \times V_R) \times EX \times N_A = 0 \quad (49)$$

3.3.3 投资回收期

投资回收期是飞机引进后投入营运累计获得的
 利润收回飞机引进时花费的投资所需的时间, 可分
 为静态投资回收期 T_S 和去除了物价影响因素的动
 态投资回收期 T_D 。

1) 静态投资回收期

$$\sum_{t=1}^{T_S} BY(t) = I_T \times EX \times N_A \quad (50)$$

2) 动态投资回收期

$$\sum_{t=1}^{T_D} BY(t)/(1+IQ)^t = I_T \times EX \times N_A \quad (51)$$

4 案例研究与分析

为有效计算支线飞机的航线运营经济性, 首先
 需要对相关计算条件进行假设。国产某支线飞机的
 计算假设条件共分为四个模块: (1) 航线/机场参
 数; (2) 飞机技术参数; (3) 成本参数; (4) 收益参
 数, 具体数据如表 2 所示。

表 2 支线飞机航线运营经济性计算假设条件

序号	变量名称	数据
1	轮挡时间, h	2
2	轮挡耗油, kg	1 802
3	巡航速度, Ma	0.78
4	每航段飞行小时数 FH, h	1.5
5	平均过站时间 TCS, h	0.5
6	最大起飞总重, kg	43 500
7	最大着陆重量, kg	40 455
8	机体重量, kg	19 311

续表 2

序号	变量名称	数据
9	制造商空重, kg	22 667
10	单台发动机干重, kg	1 678
11	单台发动机未安装海平面静推力, kg	6 954
12	每架飞机的发动机数	2
13	飞机寿命周期年数, 年	25
14	燃油价格, 美元/kg	0.873
15	残值率	5%
16	贷款比例 F, %	70%
17	贷款年利率 IR, %	5%
18	还贷年限 LP, 年	15
19	每年还款次数 PN	2
20	年保险费率 IR	0.35%
21	维修劳务费率 R, 美元/小时	25
22	消费者价格指数修正系数 FCPI	1.16
23	销项税率 RST	11%
24	进项税率 RIT	7%
25	城市维护建设税率 RCT	7%
26	教育费附加税率 RET	5%
27	消费税	3%
28	人民币与外币兑换率 EX	6.87
29	飞行员工资增长率, %	3%
30	空乘人员工资增长率, %	5%
31	航空燃油价格的年增长率, %	3%
32	全价票占全部售出票的比例, %	20%
33	票价年均增长率, %	3%
34	货邮运价 PFM, 美元/kg	0.22
35	货邮运价增长率, %	5%
36	行李运价	1.5% × 票价
37	每个国外旅客平均重量 PIW, kg	95
38	每个国内旅客平均重量 AWDP, kg	85
39	贴现率 IQ, %	4%

4.1 运营经济性分析

图 3 所示是支线飞机客公里收入与其他航空公
 司的对比, 支线飞机的客公里收益能力最低, 国航最
 高, 其次南航。国航公司客公里收益能力比支线飞

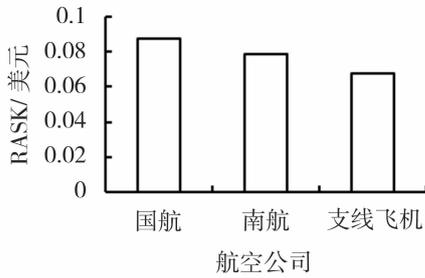


图3 支线飞机客公里收入与其他航空公司的对比

机高 22.7%,南航公司客公里收益能力比支线飞机高 13.7%,说明支线飞机的客公里收益能力和国内主流航空公司有一定的差距,这主要因为国航、南航公司采用的是波音、空客的具有竞争力的机型(如 A320 系列、A350 系列、波音 737、波音 747 系列等),这些机型的经济性已经过市场的充分验证,而国产某支线飞机由于座位数较少,且货邮运输能力有限,因此客公里收益能力存在一定不足。图 4 所示是支线飞机吨公里成本与其他航空公司的对比,支线飞机的吨公里成本最高,其次南航,国航最低。支线飞机的吨公里成本比南航公司高 23.1%,比国航公司高 23.4%,这主要因为国产某支线飞机的业载能力有待提高,制造空重有待优化,且燃油消耗较高需要准备较多的燃油重量造成。由此可见,经模型计算的国产某支线飞机的客公里收入和吨公里成本与行业内最佳实践处于相近水平,从侧面验证了模型的可靠性。后续基于该模型,对其他经济性指标进行相应的计算与分析。

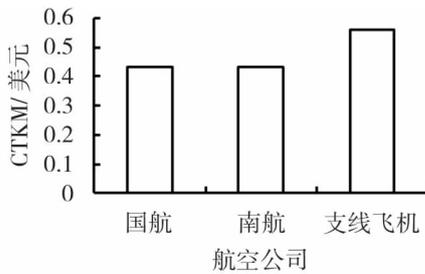


图4 支线飞机吨公里成本与其他航空公司的对比

飞机的客公里收入和客公里成本在飞机全寿命周期的分布规律,如图 5 所示。客公里收入随着时间的推移不断增长,客公里收入的增长得益于航空运输市场的不断利好,票价和货邮运价的增长,而且飞机每年飞行的客公里相对稳定;客公里成本随着时间的推移不断增加,但是在 15 年后出现突增后趋于平稳增加,这主要由于 15 年后还

贷结束,还贷费用骤减且燃油价格和空乘、空勤成本的逐年攀升导致。吨公里收入和吨公里成本的变化趋势与客公里收入和客公里成本相同,如图 6 所示。

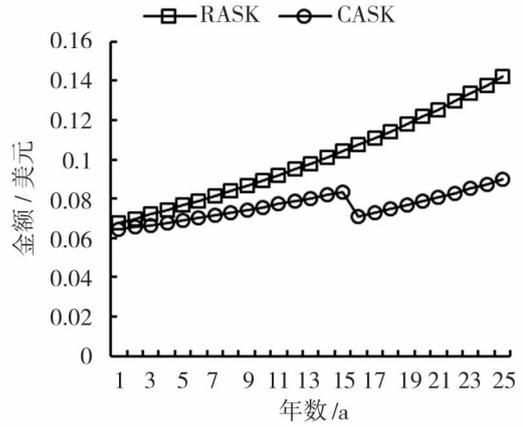


图5 客公里收入和客公里成本在飞机全寿命周期的分布规律

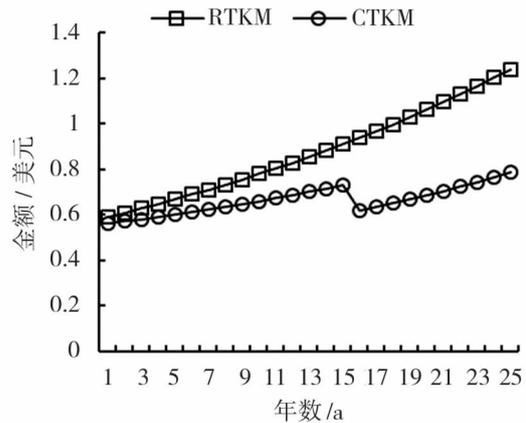


图6 吨公里收入和吨公里成本在飞机全寿命周期的分布规律

飞机航班年收入、年成本和年利润在飞机全寿命周期的分布规律,如图 7 所示。飞机的全寿命周期为 25 年,在寿命周期内,年收入随着时间的推移不断增长,不同的是,年成本在 15 年后突然下降,然后随着时间的推移不断增长,这是由于还贷年限为 15 年,15 年之后没有还贷费用,因此成本突然下降;年收入的增长得益于航空运输市场的不断利好,票价和货邮运价的增长;年成本随着时间的推移也在不断增加,年成本的增加主要因为燃油价格和空乘、空勤成本的逐年攀升;年利润随着时间的推移也在

不断增长,但是在 15 年后,由于还贷费用的减少,利润突增,随后出现平稳增长的趋势。飞机航班年收入、年成本和年利润的净现值在飞机全寿命周期的分布规律,如图 8 所示。收入-成本-利润曲线的发展趋势与图 7 有所不同,年收入净现值随着时间的推移逐年减少,这主要由于贴现率的影响,票价和货邮运价虽然每年增长,但是折算成总收入的年均增长率不及贴现率,因而年收入净现值逐年减少;年成本随着时间的推移逐年减少,显然也是由于贴现率的影响,燃油价格和空乘、空勤成本虽然逐年攀升,但是折算成总成本的年均增长率不及贴现率,因而年成本净现值逐年减少;年利润的净现值在前 15 年随着时间的推移不断增加,而在还贷结束后,趋于稳定不再增长。

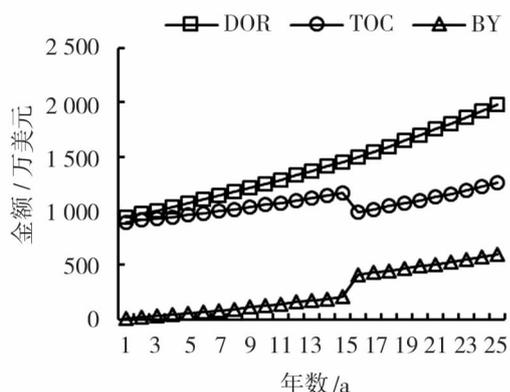


图 7 航班总收入-总成本-总利润在飞机全寿命周期的分布规律

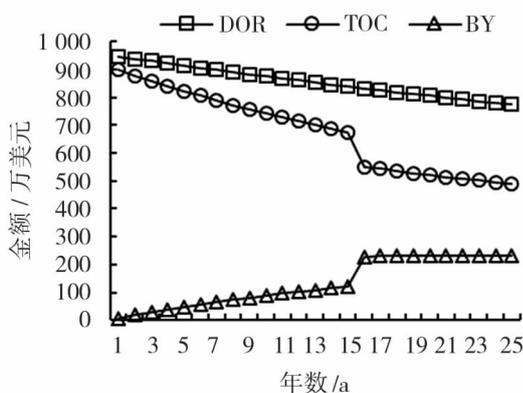


图 8 航班总收入-总成本-总利润(净现值)在飞机全寿命周期的分布规律

4.2 投资回收周期分析

对于航空公司而言,在选择一款飞机时飞机的投资回报周期是一个重要考量,本文从静态投资回

收期和动态回收期两个角度对国产某支线飞机的投资回报周期进行定量评价。不考虑贴现率时飞机的静态投资回收期,如图 9 所示。当 17 年后飞机的累计利润超过初始投资时,飞机的静态投资回收期为 17 年。考虑贴现率为 4% 时飞机的动态投资回收期,如图 10 所示。当 21 年后飞机的累计利润超过初始投资时,飞机的动态投资回收期为 21 年。显然,由于贴现率的影响,飞机的动态投资回收期要长于静态投资回收期。

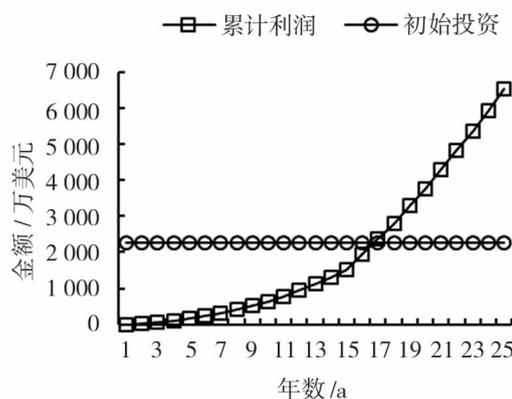


图 9 飞机的静态投资回收期

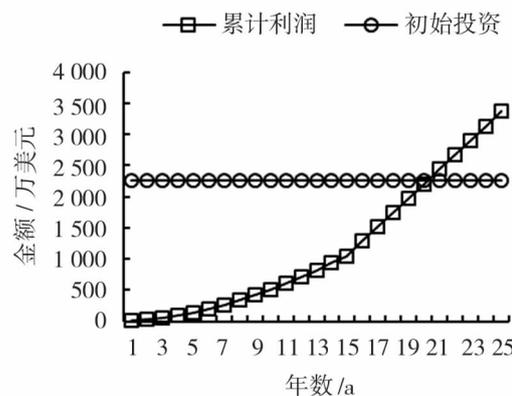


图 10 飞机的动态投资回收期

5 结论

该经济性分析框架可以准确有效地评估国产某支线飞机的航线运营经济性,能够指导航空公司支线飞机的引进决策,为航空制造企业提高飞机航线运营经济性提供设计优化、管理提升建议。此外,国产某支线飞机若要不断提高运营经济性,需要在以下几个方面下功夫:首先,在飞机优化设计方面,增加客座数、降低制造空重,提高业载能力,降低燃油

消耗率;其次,在飞机运营方面,充分利用财务杠杆,适当提高贷款比例且控制在合理范围,充分利用贷款利息的税前列支;最后,研究主机制造商下的融资租赁模式,为国产某支线飞机市场成功提供合适的租赁模式。由于时间有限,本文研究还存在一定不足,后续将在国产某支线飞机与国外同类型飞机的经济性对比、支线飞机替换战略的经济性分析等方面做进一步研究。

参考文献:

- [1] 中国商飞公司. 中国商飞公司 2017-2036 年民用飞机市场预测年报[R]. 上海:大飞机, 2017.
- [2] CADAS. 2016 年国内民航机队达到 2933 架,全年引进 369 架 [EB/OL]. (2017-1-6) [2019-11-15], news.carmac.com/list/386/386321.html.
- [3] 邱连中,李桂进. 静悄悄的革命——支线喷气机在中国航空公司航线网络合理化进程中的作用[J]. 中国民用航空,2001(5):16-21.
- [4] 谢泗薪,郑燕磊. 对复合式航线网络布局的战略思考[J]. 空运商务,2012,326(19):20-24.
- [5] 保罗·克拉克著,邵龙译. 大飞机选购策略[M]. 北京:航空工业出版社,2009:171-173.
- [6] 韩晓玲. 民用飞机选型经济评估数学模型[J]. 中国民航学院学报,1994,12(3):10.
- [7] 张康,叶叶沛. 美国市场直接运营成本(DOC)计算方法应用研究[J]. 民用飞机设计与研究,2012(3):41-48,65.
- [8] Air transport association of america. Standard method of estimating comparative direct operating costs of turbine powered transport airplanes[R], 1967.
- [9] HARRIS F D. An economic model of U. S. airline oper-

- ating expense[R]. NASA/CR-2005-213476, 2005.
- [10] Boeing. Boeing 1993 operating cost methods[Z], Boeing Commercial Airplane Group, 1993.
- [11] LIEBECK R H, ANDRASTEK D A, CHAU J, et al. Advanced subsonic airplane design & economic studies [R]. NASA CR-195443, 1995.
- [12] HAYS Anthony P. Aircraft and Airline Economics[M], 2009:1-9.
- [13] 国家税务总局. 财政部国家税务总局关于继续提高成品油消费税的通知[Z]. 北京:财税[2015]11号, 2015.
- [14] 中国民航局. 关于调整国内航空公司航路费最低收费标准的通知[Z]. 北京:民航规财发[2005]145号, 2005.
- [15] 中国民航局. 关于调整中国境内部分航路费收费标准的通知[Z]. 北京:民航规财发[2005]146号, 2005.
- [16] 中国民航局. 关于印发民用机场收费标准调整方案的通知[Z]. 北京:民航发[2017]18号,2017.
- [17] 朱新铭. 民用飞机全寿命周期成本分析[D]. 四川广汉:中国民用航空飞行学院,2013.
- [18] 中国财政部. 民航发展基金征收使用管理暂行办法[Z]. 北京:财综[2012]17号, 2012.

作者简介

林文进 男,中国商飞在站博士后,高级工程师。主要研究方向:飞机经济性。E-mail: linwenjin1@comac.cc

任和 男,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:飞机可靠性、经济性。E-mail: renhe@comac.cc

彭奇云 男,研究员。主要研究方向:会计。E-mail: pengqiyun@comac.cc

A general analysis model of economical efficiency for regional aircraft operation

LIN Wenjin^{1,2*} REN He² PENG Qiyun²

(1. COMAC Postdoctoral Workstation, Shanghai 200125, China;

2. Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

Abstract: As domestic commercial aircraft is stepping into commercial operation, the economic characters would become major concerns for the airlines. This paper builds an analytical model of economical efficiency for regional aircraft operation. In this paper, the causality analysis of the potential marginal benefit caused by regional aircraft

was carried out. Then from the perspective of cost and benefit, a mathematical model was built, which included direct operation cost, indirect operation cost, network performance and transportation income, etc. Further, from the three dimensions of annual economic analysis, life cycle economic analysis and aircraft comprehensive evaluation, the economic metrics of regional aircraft operation were put forward, thus the general analysis model was constructed. Based on case studies, airline economic operation was analyzed in terms of revenue per passenger kilometer, cost per ton kilometer, annual revenue-cost-profit, static payback period and dynamic payback period. Finally, the optimization suggestions for regional aircraft operation were provided.

Keywords: regional aircraft; economic analysis; airline operation; general analysis model

* Corresponding author. E-mail: linwenjin1@comac.cc