

欧洲市场直接运营成本(DOC)分析方法及其应用

The Method and Application of the DOC Analysis in European Market

廖琳雪 叶叶沛 党铁红 / Liao Linxue Ye Yepai Dang Tiehong

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

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

摘要:

根据欧洲民航实际运营情况,总结分析欧洲 AEA 模型中用于飞机竞争分析和总体参数优化的 DOC 计算方法,建立欧洲市场直接运营成本计算分析模型,然后就某机型的欧洲市场和国内市场 DOC 计算进行分析,最后指出未来研究的方向。

关键词: 民航;直接运营成本;AEA

[Abstract] According to the operating circumstance of civil aviation, this article analyzes the Direct Operating Cost (DOC) method of AEA model in Europe, which is used for aircraft competition analysis and general parameter optimization. Then the analysis model of DOC in European market is built and the DOC of one type aircraft in Europe and China is analyzed. In the end, future study of DOC within AEA model is indicated.

[Key words] Civil Aircraft; Direct Operating Cost; AEA

0 引言

对于飞机制造商来说,飞机的直接运营成本(Direct Operating Cost,简称 DOC)计算分析主要应用于飞机竞争分析和总体参数优化。而不同的航空市场,由于它们的经济环境、航空运输环境和航空公司经营模式的不同,所分析的直接运营成本也有所不同。当飞机希望进入欧洲市场时,应该按照欧洲市场的经济环境进行飞机 DOC 分析。“AEA”方法是 AEA(Association of European Airlines,欧洲航空协会)推荐的一种方法。

文献 1 为 1988 年获得的欧洲 AEA 计算方法,本文称之为 1988 年 AEA 方法。文献 2 为 2009 年获得的 AEA 方法。2009 年版的 AEA 方法相对 1988 年版有一些变化,它在计算的假设条件上进行了部分更新。本文根据目前市场上窄体机实际运行情况对 2009 年 AEA 方法提供的假设条件进行分析,确定欧洲市场的 DOC 计算分析方法。AEA 为不同飞机经济性竞争分析提供统一标准,但是其

DOC 绝对值仅具有一定的参考意义。

1 AEA 方法假设条件

AEA 规定:飞机制造商应采用 AEA 规定的 DOC 模型向欧洲航空公司展示飞机的运营经济性。

1.1 2009 年 AEA 方法与 1988 年 AEA 方法的差异

2009 年 AEA 方法与 1988 年 AEA 方法主要差异如表 1 所示。

表 1 2009 年 AEA 方法与 1988 年 AEA 方法主要差异

内容	1988 年方法	2009 年方法
年利用率	3 750 小时	4 000 小时
机组费用	482 美元/每小时	380 美元/每小时
空乘费用	69 美元/每小时	60 美元/每小时
劳务费率	55 美元	66 美元
地面操作成本	归入着陆费和导航费	归入间接成本
过站时间	0.5 小时	见表 3

1.2 主飞行任务剖面

DOC 分析中应明确定义飞行任务剖面和相应的轮挡距离、轮挡时间、轮挡耗油及备份油定义,如图 1 所示。此规则仅限于中短程飞机。

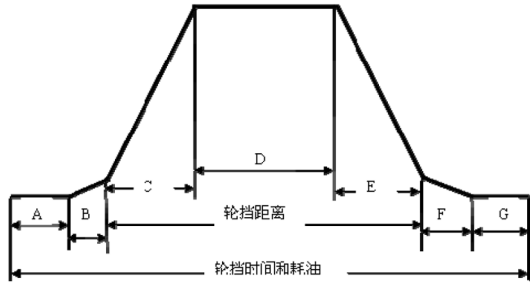


图 1 DOC 飞行任务剖面

其中,任务剖面是定义飞机从停机坪滑出、起飞、爬升、巡航、下降、进场、着陆和滑进全过程(轮挡)各阶段飞机飞行高度和速度的规则。飞行剖面规则为:

- (1) 飞机启动和滑出(10min);
- (2) 起飞并初始爬升至 1 500ft;
- (3) 从 1 500ft 爬升至初始巡航高度;
- (4) 航段距离在 1 000n mile 以内以选定速度和固定高度巡航,航段距离大于 1 000n mile 以选定速度和阶梯高度巡航;
- (5) 下降至 1 500ft;
- (6) 在 1 500ft 高空上待机 8min(包括进近和着陆);
- (7) 滑进时间为 5min;
- (8) APU 耗油为每航段 45min。

1.3 备用油规则假设

备用油规则为:5% 任务用油+在 1 500ft 高度上空待机 30min 用油+飞往 200nm 备降场用油。

不同的巡航方式(最大航程巡航、远程巡航和快速巡航)得到的轮挡时间和轮挡耗油不同,DOC 结果也不同。

1.4 航段距离

设计航程描述飞机在满座条件下的最大航程能力,不同的设计航程对应不同的市场,不同的市场航段距离也不相同。DOC 分析应放在同一市场环境下计算,考虑到航程对 DOC 影响较大,为进行竞争分析,应该假设在相同航程下进行。相同设计航程的飞机用于相似市场,表 2 给出的分析航程接近相应飞机的市场航程。通常情况下,在飞机的实际运营中,运营路线会比设计航程短很多。在 AEA 模型中,对于运营经济性分析所需的任务航段距离

规定如表 2 所示。

表 2 AEA 模型中采用的航段距离

设计航程/n mile	飞机种类	DOC 分析采用的航程/n mile
航程 ≤ 3 000	短航程	500
3 000 < 航程 ≤ 5 000	中航程	1 000
5 000 < 航程 ≤ 7 000	长航程	3 000
航程 > 7 000	超长航程	4 000

2.5 利用率和过站时间

利用率(U)和过站时间(TAT)是非常重要的运营假设条件。两者之间的关系如下:

$$U = \frac{\text{年可利用小时数}}{\text{轮挡时间} + TAT} \quad (1)$$

在 AEA 模型中,飞机利用率和过站时间的规定如表 3 所示,需要说明的是这里提到的过站时间仅用于 DOC 分析。

表 3 规定的利用率和过站时间

DOC 分析采用的航程(n mile)	年利用率(h)	过站时间(h)
航程 < 1 000	4 000	0.5
1 000 ≤ 航程 ≤ 2 000	5 100	1.4
航程 > 2 000	6 500	3.0

2 AEA 方法

2.1 直接运营成本组成

根据 2009 年 Jeff Jupp 报告中提出的 AEA 分析模型^[2],欧洲市场民用飞机直接运营成本组成如图 2 所示,即 COC 成本中包含燃油成本、着陆费用、空勤成本、导航收费和维修成本(由机体维修成本和发动机维修成本构成)。DOC 构成因素中,还包括所有权成本,即飞机的折旧成本、利息开支、保险开支等。



取决于飞机设计

图 2 欧洲市场直接运营成本组成

2.2 所有权成本

2.2.1 购买飞机

航空公司直接购买飞机时,所有权成本主要包括折旧、利息和保险费用(保险费用有时也单独划分)。在 AEA 模型中,飞机价格采用的是制造商研究价格,其不同于飞机销售过程中的实际成交价格,本文就 A320 飞机和波音 737-800 飞机进行竞争分析;“制造商研究价格”取自航升 ValueOne (V1)数据库的市场价格。

$$\text{所有权成本} = \text{折旧} + \text{利息} + \text{保险费用} \quad (2)$$

式中:

$$\text{折旧} = \frac{\text{总投资成本}}{14 \times \text{利用率}} \quad (3)$$

$$\text{利息} = 0.05 \times \frac{\text{总投资成本}}{\text{利用率}} \quad (4)$$

$$\text{保险费用} = 0.006 \times \frac{\text{飞机交付价格}}{\text{利用率}} \quad (5)$$

在折旧计算中,假设购买飞机的总投资额(美元)为贷款,包含飞机价格、10% 机体备件和 30% 备用发动机,折旧年限为 14 年,残值为 0,本假设仅用于竞争分析。

利息计算中,平均利率为 0.05。

保险费用计算中,飞机交付价格单位为美元。

2.3 机组费

由于空勤成本存在不同地区经济水平和定义的差别,其占 COC 比例的差异也比较大,欧美空勤成本包括津贴、训练费、人事费、工资税、附加空勤费和利用系数等。该项费用可以进一步细分为空勤费用(Cockpit Crew Cost,简称 CPC)和空乘费用(Cabin Crew,简称 CAC),其中 CPC 受航线距离影响较大,长航线的飞行由于受到适航等因素限制,对于备用机组和飞行员的连续工作时间都有明确要求。CAC 则和航空公司的服务定位有密切关系,即和旅客舒适度成一定的函数关系,其中:

$$\text{空勤费用} = 380 \times \text{轮档时间} \quad (6)$$

$$\text{空乘费用} = 60 \times \text{空乘人数} \times \text{轮档时间} \quad (7)$$

在计算 CPC 时,假设两人为一个机组;在计算 CAC 时,假设每 35 名经济舱乘客配一名乘务员,余数进行四舍五入。

2.4 燃油费

$$\text{燃油成本} = \text{轮档耗油} \times \text{燃油价格} \quad (8)$$

燃油成本主要受三个方面影响:

(1) 机型:DOC 分析中应明确定义飞行剖面 and

相应的轮档距离、轮档时间、轮档耗油及备份油定义。不同的巡航方式(最大航程巡航、远程巡航和快速巡航)得到的轮档时间和轮档耗油不同,而 DOC 结果也不同。

(2) 燃油价格:欧洲市场比较开放,燃油价格由国际市场决定。

(3) 燃油密度:在 DOC 计算中,燃油密度取 6.7lb/USGal,由于欧美的燃油价格常以 US \$/Gal 给出,因而必须引用燃油密度。

2.5 飞机维修成本

飞机直接维修成本(DMC)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 估算,主要依据同类竞争飞机统计资料的分析。

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飞机直接维修成本。欧洲的 AEA 方法具体如下^[1]。

(1) 机体维修成本

① 机体劳务成本(美元/轮档小时)

$$DMC_a = R \left[\left(0.09 W_{af} + 6.7 - \frac{350}{W_{af} + 75} \right) \times \left(0.8 + \frac{0.68(t-0.25)}{t} \right) \right] \quad (9)$$

式中:

W_{af} 为机体重量(t),即制造空重减去发动机重量;

t 为轮档时间(h)。其中地面时间为 0.25h,即空中时间为(t-0.25);

R 为工时费(包含消耗)(美元/工时)。

② 机体材料成本(美元/轮档小时)

$$DMC_b = \frac{4.2 + 2.2(t-0.25)}{t} \times P \quad (10)$$

式中:

P 为机体交付价(百万美元):飞机交付价减去发动机裸价。

(2) 发动机维修成本

① 发动机劳务成本

与时间有关的发动机劳务成本(美元/飞行小时):

$$L_t = 0.21R \times C1 \times C3 \times (1+T)^{0.4} \quad (11)$$

式中:

$$C1 = 1.27 - 0.2BPR^{0.2} \quad (12)$$

$$C3 = 0.032nc + k \quad (13)$$

T 为海平面起飞静推力(t);
 BPR 为函道比;
 nc 为压气机级数(包括风扇);
 k 为轴数的函数。

与飞机起降次数有关的发动机劳务成本(美元/起落次数):

$$L_c = 1.3L_t \quad (14)$$

② 发动机材料成本

与时间有关的发动机材料成本(美元/飞行小时):

$$M_t = 2.56(1+T)^{0.8} C1(C2+C3) \quad (15)$$

式中:

$$C2 = 0.4 \left(\frac{OAPR}{20} \right)^{1.3} + 0.4 \quad (16)$$

$OAPR$ 为总压比。

与起落次数有关的发动机材料成本(美元/起落次数):

$$MC = 1.3L_t \quad (17)$$

发动机维修成本(EMC)由式(11)、(12)、(15)和(16)四项构成,其单位不同,当单位统一为“美元/轮挡小时”时,可综合写为:

$$EMC = \frac{N_e(L_t + M_t)(tf + 1.3)}{tf + 0.25} \quad (18)$$

式中:

N_e 为每架飞机的发动机数;
 tf 为空中时间, $tf = (t - 0.25)$ 。

2.6 导航费

导航费包括导航费和进近指挥费,依据 AEA 模型,拟合的计算公式如式(19)所示。

$$\text{导航费} = K_{\text{导航}} \times \text{航段距离} \times \left(\frac{\text{最大起飞重量}}{50} \right)^{0.5} \quad (19)$$

式中:

K 为导航系数;最大起飞重量单位为 t,航段距离单位为 n mile。

2.7 机场收费

在欧洲不同机场的收费制度并不统一,主要为着陆费用(Landing fees),依据 AEA 模型的统计方法,该项费用的计算公式如式(20)所示。

$$\text{着陆费} = 6.0 \times \frac{\text{最大起飞量}}{\text{吨}} \quad (20)$$

该公式表示着陆费用是在最大起飞重量(t)的基础上乘以 6 美元每吨的费率。

3 A320 飞机欧洲市场与中国市场 DOC 分析算例比较

3.1 A320 飞机欧洲市场 DOC 分析计算

(1) 假设条件

计算假设条件见表 4。

表 4 欧洲市场假设条件

假设(欧洲 2009 年经济环境)		
总利用率	小时/年	4 000
有效利用率	小时/年	$4\,000 / (BH + 0.5) \times BH$
折旧年限	年	14
航油价格	美元/美加仑	3(2011 年国际油价)
空勤基本工资	美元/小时	380.00
空乘基本工资	美元/小时	60.00
劳务费	美元/小时	66.00

(2) DOC 计算结果

根据本文所示方法,A320 飞机欧洲市场计算结果如表 5 和图 3 所示。

表 5 A320 飞机欧洲市场 DOC 分析(500n mile)

A320 飞机	DOC/航段 (美元/航段)	所占百分比
所有权成本	2 923	30%
空勤成本	568	6%
空乘成本	448	5%
导航收费	561	6%
着陆费	441	5%
维修成本	1 306	14%
燃油成本	3 307	34%
总计(美元/航段)	9 555	—
DOC/座/海里 (美元/座/海里)	0.127	

A320 飞机直接运行成本 (DOC) 分析
(平均航段距离 500 海里, 2009 年欧洲经济环境)

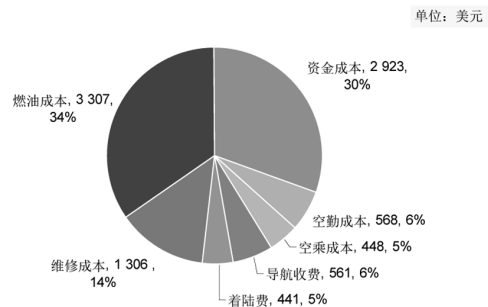


图 3 A320 飞机欧洲市场 DOC

(下转第 22 页)

工程方法来求解平尾的载荷。限于篇幅,本文仅介绍了平尾气动总载荷、分布载荷的计算原理和方法,以及协调总载荷及载荷分布的方法。在工程设计中,载荷设计师还应该考虑平尾惯性载荷对结构强度的影响。

参考文献:

[1]解思适. 飞机设计手册(第九册):载荷、强度和刚度[M]. 北京:航空工业出版社,2001.
[2]CCAR25,中国民用航空规章第25部——运输类飞机航空标准[S]. 中国民用航空局. 2001,5.

(上接第4页)

3.2 A320 飞机中国市场 DOC 分析计算^[4]

(1) 假设条件

计算假设条件如表6所示。

表6 中国市场假设条件

假设(中国2010年经济环境)	
平均航线距离	650n mile
总利用率(小时/年)	3 900
有效利用率(小时/年)	$3\ 900 \times BH / (BH + 0.5)$
贷款比率	100%
贷款年利率	6.5%
贷款偿还期(年)	20
折旧和残值	20年,5%
旅客上座率	100%
起飞/降落机场等级	2/2
航线分类	1
燃油价格(元/公斤)	5.86
机长年薪(万元)	70
副驾驶年薪(万元)	15
空乘年薪(万元)	10
美元汇率	6.76

(2) DOC 计算结果

根据本文方法,A320飞机中国市场计算结果如表7和图4所示。

表7 A320 飞机中国市场 DOC 分析(650n mile)

A320 飞机	DOC/航段 (元/航段)	所占百分比
所有权成本	24 475	32.5%
机组费	2 792	3.7%
燃油费	24 869	33.0%
飞机维修成本	6 545	8.7%
餐食费	1 892	2.5%
导航费	729	1.0%
机场收费	9 566	12.7%
地面服务费	1 730	2.3%
民航建设基金	2 769	3.7%
总计(元/航段)	75 367	—
DOC/座·公里	0.417	—

A320飞机650海里航段DOC分析
(2010年中国经济环境条件)

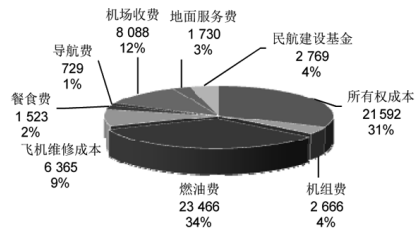


图3 A320 飞机中国市场 DOC

4 总结

本文根据欧洲民航实际运营情况,按照欧洲AEA模型中成熟的DOC计算方法,建立欧洲市场直接运营成本计算分析模型,可用于欧洲市场飞机运营经济性分析。

AEA方法在飞机的竞争分析中具有指导意义,但与实际运营有很大的差异。

欧洲市场DOC计算方法不仅可以运用于飞机的竞争性分析,还可用于飞机设计的总体参数优化。因此,今后的主要研究方向有:结合中国民航研制的特点,开展基于欧洲市场DOC计算模型的总体参数优化方法研究。

参考文献:

[1] Association of European Airlines, Short-Modium Rang Aircraft: AEA Requirements. 1989.
[2] Jeff Jupp. Aircraft Operating Economics. 2009.
[3] 张康,叶叶沛. 美国市场直接运营成本(DOC)计算分析方法应用研究[J]. 民用飞机设计与研究,2012,3:41-48.
[4] 许敏,党铁红,叶叶沛,李晓勇. 中国市场直接运营成本(DOC)计算方法研究与应用[J]. 民用飞机设计与研究,2010,4:45-50.