

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.04.006

一种基于 O&D 市场的宽体客机衍生机型 座级航程确定的方法研究

Payload and Range Definition Method of Wide Body Passenger Derivative Aircraft Based on O&D Market

张 洁 / ZHANG Jie

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

摘 要:

以 STP (Segmentation, Targeting, Positioning, 简称 STP) 战略为指导, 结合 O&D (Origin & Destination, 简称 O&D) 市场需求和制造商供给能力, 从市场细分和定位、目标市场选择, 尝试为宽体客机衍生机型座级航程分析提供一种不同的角度, 探索一种确定座级航程的方法, 并以 280 座宽体客机加长型为例验证该方法的可操作性。

关键词: O&D 市场; 宽体客机; 座级; 航程; 衍生机型

中图分类号: F407.5

文献标识码: A

[Abstract] Guided by STP (Segmentation, Targeting, Positioning) strategy, this article combines the O&D market demand with manufacturer supply capacity, and provides a different perspective of payload and range analysis of wide body passenger derivative aircraft from the aspects of market segmentation, market orientation and market targeting. This article tries to explore a payload and range definition method, and proves the operability with extended version of 280-seat wide body passenger aircraft.

[Keywords] O&D market; wide body passenger aircraft; payload; range; derivative aircraft

0 引言

世界主要民用飞机制造商基本都在通过衍生机型机身的缩短或加长、发动机推力的增加或减少、载油量的加减等方式, 在同一系列飞机中获得不同的座级和航程能力, 利用型号多样化最大限度满足各类市场需求, 在飞机设计、制造、试验试飞、运营中实现范围经济性优势^[1]。目前, 国内针对飞机产品的改进和改型研究主要集中在支线飞机的改型设计, 从飞机设计、适航审定角度进行总体参数优化^[2-4], 从经济学角度进行商载和航程的优化匹配^[5], 以及特定座级下设计航程与机翼、发动机、特征重量、气动特性以及燃

油经济性之间的关系^[6], 但从市场需求角度提出衍生机型座级和航程的思路尚不成熟, 且体系化有待完善。

市场需求是飞机设计需求的来源, 座级和航程直接反映民用客机的市场定位, 是飞机产品能否被市场广泛接受的关键因素^[6], 因此座级和航程应从市场需求出发。清晰的市场定位、优异的机场航线适应性和运营灵活性将是获得市场认可的先决条件, 也是后续进行衍生机型总体参数优化的前提。宽体客机作为高价值、高风险的产品, 其研发、批产的投入远大于其他机型, 衍生机型的发展将更为慎重, 如何把握座级航程需求和供给, 将是制造商项目研究极为重要的一步。

1 衍生机型座级航程需求

1.1 座级需求

1.1.1 航空市场分类

根据总旅行时间模型(Simpson and Belobaba, 1992)^[7],总旅行时间的航班计划错位部分可近似表达为与航班服务频率具有一个简单的反比关系。

$$T = t_1(\text{固定}) + t_2(\text{航班计划错位})$$

$$t_2(\text{航班计划错位}) = K / \text{航班频率} \quad (1)$$

式中, T 为某一旅客航空旅程的总旅行时间; t_1 为固定的时间,包括进入和离开机场,以及在机场办理各种手续的时间; K 为各以小时表达的常数;航班频率是市场上(每天)离港航班的数量。

航班计划错位时间(或“等待时间”)随离港航班数量的增多而减少。如果假设在一个市场上,旅

客希望的出发时间为 06:00 ~ 22:00 之间均匀分布,即 16 个小时的“合理”出发时间段。航空公司所提供的航班频率均匀分布在该时间段,按照平均等待时间最小化的假设,则 $K = 4$ 。

对于长、远程航空市场,即使是极高的离港航班频率,也不会减少 T 中相对很长的飞行时间部分。从表 1 可以看出,航班频率低时总旅行时间更高,但航班频率提高到一定程度(如 4 次以上),总旅行时间降低的幅度越小。如果再加上进入和离开机场以及在机场办理各种手续的时间,该趋势将更为显著。因此,从旅客需求角度来说,航班频率应该控制在一个范围之内,过低则无法吸引旅客,过高对旅客吸引力的增加也有限。

因此,航空运输市场航班频率与需求规模一样是衡量航空运输市场需求的重要指标。

表 1 航班频率与总旅行时间示意 ($K = 4$)

市场类型	t_1 (h)	t_2 (h)				T (h)			
		1 次	2 次	4 次	8 次	1 次	2 次	4 次	8 次
短程市场(2h 以下)	1	4	2	1	0.5	5	3	2	1.5
中程(2h ~ 6h)	4	4	2	1	0.5	8	6	5	4.5
长程(6h ~ 12h)	9	4	2	1	0.5	13	11	10	9.5
远程(12h 以上)	15	4	2	1	0.5	19	17	16	15.5

注: t_1 仅为平均飞行时间。

对于中、短程运输航空市场,按需求规模和航班频率,可以分为五大类(详见表 2),宽体客机适合

O&D 需求旺盛的快线市场和大运量市场,即日单向 O&D 旅客量超过 400、日单向航班数超过 4 班的市场。

表 2 短、中程航空市场分类

市场结构	日单向 O&D 旅客数	日单向航班数	适合机型
快线市场(Shuttle)	$\geq 1\ 000$	≥ 8	宽体客机
大运量市场(Trunk)	$\geq 400, < 1\ 000$	4 ~ 8	宽体客机、窄体客机
中等运量市场(Medium)	$\geq 200, < 400$	2 ~ 4	窄体客机、涡扇支线飞机
瘦薄市场(Thin)	$\geq 50, < 200$	0.5 ~ 2	涡扇支线飞机
缝隙市场(Regional Niche)	< 50	< 0.5	涡桨支线机

对当前宽体客机运营的长、远程市场(航段距离 $\geq 5\ 000\text{km}$ 的不经停航线^[8])进行分析,新市场开拓或需求较低时每周二到四班是最常采用的方式,超过 60% 的航线日单向航班频率不足 1 班,30% 左右的航线达到 1 ~ 4 班,仅不足 5% 的高需求航线能达到 4 班及以上。

从机型大小与市场匹配角度看,350 座以上的宽体客机为旗舰机型,用于开拓公商务、高需求重点市场,例如英航用波音 747-400 飞机执飞纽约-伦敦航线,阿联酋航用 A380 飞机执飞迪拜-伦敦航线;300 ~ 350 座为远程主力机型,用于一线较为成熟市场,例如国航采用波音 777-300ER 飞机执飞北

京-洛杉矶航线,新航用 A350-900 和波音 777-300ER 飞机执飞新加坡-阿姆斯特丹航线;250~300 座为中远程主力机型,用于新市场开拓和航线网络完善,例如东航云南用 A330-200 飞机开通上海-昆明-巴黎航线,厦航用波音 787-8 飞机开通深圳-西雅图

航线,美联航用波音 787-9 飞机执飞杭州-旧金山航线。

从宽体客机角度对长、远程市场进行划分(详见表3),快线市场适合350座以上的旗舰机型,大运量市场适合300~350座远程主力机型;中等运量市场适合250~300座中远程主力机型。

表3 长、远程航空市场分类

市场结构	日单向 O&D 旅客数	日单向航班数	适合机型
快线市场(Shuttle)	≥1 000	≥4	350 座以上宽体客机
大运量市场(Trunk)	≥200, < 1 000	1~4	350 以下宽体客机
中等运量市场(Medium)	≥100, < 200	< 1	300 座以下宽体客机

系列机型中,一般基本型面向最大细分市场,具有最大的灵活性和良好的适应性,因此首先应确定基本型的座级和航程;加长型为经济性最好的机型,座位数往往大幅提升;缩短型为特殊机场和航线机型,起降和航路性能最佳,当然需要付出经济性代价。

制造商需根据目标市场的结构特征确定宽体客机基本型的座级航程,再进行衍生机型发展,改变座位数和航程能力,以满足不同结构的市场需求。实际上日单向 O&D 旅客数即市场需求是连续的,但由于供给等因素影响才出现上述的市场分类。若系列机型跨越不同市场分类,即基本型为300座级以下,加长型达350座级,那么将有更大的市场覆盖率。

1.1.2 市场需求分布

市场需求呈正态分布,如图1所示,当市场需求小于座位数时,能运输的旅客数为需求数,当市场需求超出座位数时,能运输的旅客数为座位数,出现一部分需求无法满足,即溢出(溢出旅客人数计算参见式2)。^[9-10]

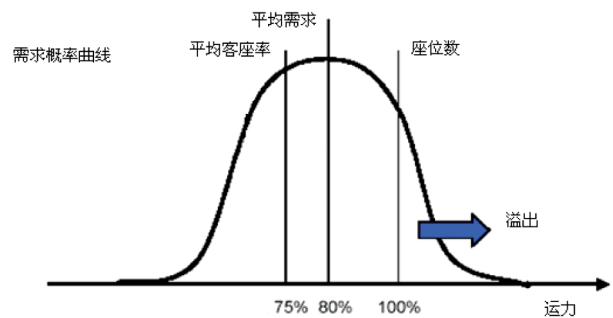


图1 溢出模型

$$SP = \int_s^{+\infty} (x - S) \cdot f(x) dx = \int_s^{+\infty} x \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx - S \cdot \int_s^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx \quad (2)$$

式中:SP为溢出的旅客数;S为航班提供的座位数; μ 为平均市场需求; δ 为标准差,细分市场的需求离散程度。

在相同的市场需求下,相同座位数变化所引起的旅客人数并非等差变化,减少座位数所导致的旅客人数变化量大于增加相同座位数,见表4。因此,从捕获市场需求角度出发,制造商在系列化座位确

表4 基于溢出模型的系列座位数对市场需求的满足度($\delta/\mu=0.45$)

客座率(280座)	不同座位数对应的旅客人数变化(以280座为基准)						
	250	260	270	280	290	300	310
50.0%	-0.8	-0.4	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.2
60.0%	-3.3	-2.0	-0.9	0.0	0.7	1.2	1.6
70.0%	-8.1	-5.1	-2.4	0.0	2.0	3.8	5.3
75.0%	-11.3	-7.1	-3.4	0.0	3.0	5.8	8.2
80.0%	-14.8	-9.6	-4.6	0.0	4.3	8.2	11.9
85.0%	-18.8	-12.2	-6.0	0.0	5.7	11.1	16.2

定时,加长型座位数的增加量一般大于缩短型座位数的减少量,当前主流的 A350、波音 787、A320 和波音 737NG 系列机型的座位数就基本满足此理论,见表 5。

表 5 系列机型典型布局座位数

系列机型	典型布局座位数			
A350-800/900/1000 ^①	—	280	325	366
B787-8/9/10	—	242	280	330
A318/319/320/321	107	124	150	185
B737-600/700/800/900	110	126	162	180

注:①较 A350-900, A350-800 机身长度减少 6.45m, A350-1000 增加 7.19m,由此判断从座位布局能力讲,加长型座位数的增加量可以更大。

同时,从经济性角度也能进行一定解释。由于航空运输的边际成本很低,随着座位数增多,座公里成本大幅度降低。因而,衍生机型一般都追求更多的座位数,即使是缩短型也期望座位数不宜减少太多,加长型则期望座位数增加的更多。

1.2 航程需求

基于市场分类和需求分布确定宽体客机座级后,制造商需要根据自身市场营销、客户服务、适航取证、品牌建设等能力确定宽体客机全生命周期将要运营的目标区域。选择同类机型执飞的连接该目标区域的航线,分析和预测航线的相关特征,包括区域和航点、航线距离、航班频率、运营机型、旅客量、加权(频率或飞行里程权重)平均座位数等,并以区域开拓优先级、航班频率、旅客量等为条件筛选出重点航线。

针对重点航线,获得一定概率下(通常为 85%,乃至 99%)不同季节的航路风,航线距离可采用大圆航距并考虑 3%~5%的绕航率,计算在最严苛的风的影响下覆盖该航线所需的航程能力,从而获得在设定航程能力下所能达到的航线覆盖率。

通过微观机队规划原理,将航线运力转换为机队需求,预测规划期市场对机型的需求量,进而为权衡该航程能力是否能够支持衍生机型开展、是否能满足制造商最初设定的目标提供支持。

2 衍生机型座级航程供给

从市场需求角度获得所需的座级和航程范围

后,制造商需要从供给的角度进行权衡。在当前的常规气动布局和发动机性能状态下,主流的宽体客机座级航程集中在一定范围内,因此在气动布局和发动机性能没有重大突破下,制造商需要在这一范围内进行座级航程的调整。在研发基本型时,制造商必须考虑机翼面积和发动机的选择,以满足所有其他衍生机型的需要。机翼的升力和油箱容积能力限制了飞机座级和航程的选择,机翼面积应为机身加长型留有适当余量,而对于机身缩短型,必须要付出重量和阻力的代价。当然也要考虑目标区域所要达到的航线覆盖率和所付出的代价(例如研发成本、运营经济性等),来权衡航程的能力。

从市场分布看,宽体客机已经覆盖了 200 座级到 400 座级以上整个市场,而航程最远达到 9 000n mile,竞争激烈。从系列产品看,波音 747 系列飞机有六个型号,波音 767 系列飞机有三个型号, A340 系列飞机也有四个型号,波音 777 系列飞机在两个型号的基础上还将推出 -8X/9X, A330 系列飞机也在原有两个型号的基础上推出了 A330-800neo/900neo 以延长系列机型生命周期。尽管与主流窄体机波音 737 和 A320 系列产品相比,宽体客机的系列产品多样性程度更低,但相对而言,波音产品的衍生机型更多样,且波音 767、波音 747、波音 777 系列飞机的交付量均超过千架,足见其成功程度。

未来,波音的主要产品将是波音 787 系列和波音 777X 系列,其中波音 787-9 和波音 777-9X 将是主推机型,空客的产品主要是 A350XWB 系列, A350-900 和 A350-1000 将是主推机型。宽体客机的衍生机型将趋于精简,力求以出色的商载航程能力满足多样化需求。

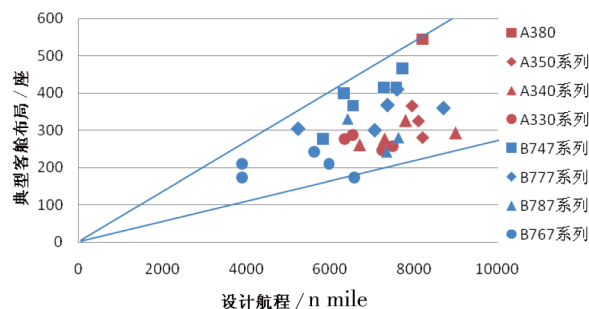


图 2 主流宽体客机座级航程分布

除了设计可实现度,制造商还需要考虑市场战略、研发能力、自身产品谱系和竞争产品的情况。波音和空客是当前主要的宽体客机制造商,波音的宽体客机从波音747、波音767、波音777、波音787系列,已经实现了200~450座级全方位覆盖,且未来波音777-8X的设计航程将达到8700 n mile。制造商在确定座级航程时,会考虑自身研发能力和市场战略、尽量避开竞争,针对无产品覆盖的市场缝隙或自身产品替代和更新,以期在一定市场需求下提供市场认可的宽体客机产品。

3 案例

基于本文提出的分类划分当前的长、远程市场,约60%的航线属于中等运量市场,其ASK仅占20%~30%的航线属于大运量市场,其ASK占比达到60%以上,而不足5%的航线属于快线市场,其ASK占比约15%。假设制造商期望启动一个宽体

客机项目,选择基本型为280座以针对中等运量市场,且综合考虑设计可实现度和代价、自身产品谱系和竞争产品情况后确定加长型座位数为320座,以满足覆盖最大的大运量市场需求,主要目标区域是中国,目标客户是中国地区承运人。

由于运量数据缺乏,因此基于运力数据选择连接中国的宽体客机运营的加权平均座位数300~350座的航线,在大圆航距上考虑5%的绕航率,获得85%和99%的概率风下所有航线所需航程范围,其中北美航线需要16100 km航程才能实现全覆盖。

初步选择12000 km和10000 km两个航程进行分析,发现至亚洲、大洋洲、中东、俄罗斯和独联体地区的航线均能实现全覆盖,但欧洲市场的覆盖范围仅为63.6%和9.6%,北美市场的覆盖范围为4.5%和0%,非洲的覆盖为88.1%和0%,即对这七大市场整个覆盖范围为58.4%和44.4%,见表6。

表6 2015年中国至欧洲、北美、非洲不同航程市场份额(基于ASK)

区域	航程	85% 概率年度风	85% 概率冬季风	99% 概率年度风	99% 概率冬季风
欧洲	12 000 km	100%	100%	97.6%	63.6%
	10 000 km	30.5%	27.3%	9.6%	9.6%
北美	12 000 km	16.7%	16.7%	5.0%	4.5%
	10 000 km	4.2%	4.2%	0%	0%
非洲	12 000 km	88.1%	88.1%	88.1%	88.1%
	10 000 km	0%	0%	0%	0%
七大区域	12 000 km	70.2%	70.2%	65.6%	58.4%
	10 000 km	50.2%	49.5%	44.4%	44.4%

采用微观机队规划原理,根据式(3)将航线运力转换为机队需求,其中宽体客机的可用平均日利用率选取11h(相当于大圆航距8229 km),平均座位数为320个。在航程能力12000 km和10000 km时,市场对机队的需求量大约123~

195架,见表7。结合国际航线中国承运人可供座位数占比,中国承运人机队需求量为72~107架。

$$\text{机队规模} = \text{ASK 总和} / (\text{典型布局座位数} \times \text{平均日利用率} \times \text{平均速度} \times 365) \quad (3)$$

表7 2015年中国至七大地区不同航程市场机队需求(单位:架)

范围	航程	85% 概率年度风	85% 概率冬季风	99% 概率年度风	99% 概率冬季风
市场机队	12 000 km	195	195	182	162
需求	10 000 km	139	137	123	123
中国承运人	12 000 km	107	107	100	90
机队需求	10 000 km	80	79	72	72

制造商根据计算得到的航程能力 12 000 km 和 10 000 km 时的需求量、可能达到的市场份额,进而为权衡该座级航程下是否能够支持衍生机型项目的开展、是否能满足制造商最初设定的目标提供一些信息。

4 结论

本文提炼了宽体客机的市场需求特征,从市场细分和定位、目标市场选择角度出发,分析宽体客机衍生机型座级航程需求,并从制造商角度分析供给能力。从不同角度为宽体客机衍生机型座级航程的分析方法提供一种选择,尝试探索一种座级航程的确定方法,虽不能完全解决座级航程问题,仅旨在为项目可行性分析提供一些建议。

且由于数据获得难度大,本文未能以真实的市场需求数据加以验证,只能调整为运力数据,无法体现不同市场的需求差异,后续将力求以真实需求数据进行验证分析。

参考文献:

[1] 程不时. 论飞机的改型设计[J]. 航空科学技术,1995(04): 1-5.

[2] 何小亮. ARJ21 飞机系列化发展前瞻[J]. 大飞机,2015(01): 51-53.

[3] 赵学训. 支线飞机的设计发展方法[J]. 航空科学技术,1994(03): 20-24.

[4] 赵学训. 支线飞机的改进与改型[J]. 航空科学技术,1996(05): 11-15.

[5] 蒙文巩, 马东立, 崔飞. 民用飞机系列商载航程匹配设计[J]. 北京航空航天大学学报,2013(02): 210-214.

[6] 马超, 吴大卫, 俞金海, 等. 基于参数化模型的大型民用飞机设计航程研究[J]. 航空学报,2016, 37(1): 112-121.

[7] SIMPSON R W, BELOBABA P P. (1992) The Demand for Air Transportation Services [R]. Unpublished Notes for Air Transportation Economics Course 16.74, Massachusetts Institute of Technology.

[8] 黄赶祥. 远程航线市场宽体客机需求分析方法研究[D]. 广汉:中国民用航空飞行学院,2016.

[9] WILLIAM M Swan, Airline Demand: Passenger Revenue Management and Spill [J]. Transportation Research Part E 38, 2002: 253-263.

[10] WILLIAM M Swan, Spill Modeling for Airlines [R]. Boeing Marketing, 1998. 9.

作者简介

张洁 女, 硕士, 工程师。主要研究方向:民机市场研究和销售支持;E-mail:zhangjie10@comac.cc