

DOI:10.16356/j.1005-2615.2023.02.018

## 航空公司欧美国际航线运营持续时间生存分析

马昕瑶, 唐小卫, 王立文, 张生润

(南京航空航天大学民航学院, 南京 211106)

**摘要:** 航空公司航线进入后的运营可持续性直接影响其盈利水平。基于生存分析方法探究影响航线运营持续时间的因素,从成本和供给特征、航线和机场特征、市场结构特征、航司合作类型和时间异质性5个方面选取关键因素,以自由化程度较高的欧美跨大西洋市场为实证对象,研究年份为2003—2021共19年,采用Kaplan-Meier方法进行单因素分析,并构建威布尔参数生存模型分析影响因素与航线运营持续时间的定量关系。结果表明:(1)航司在欧美航线的平均运营持续时间为5年,持续运营超过10年的航线占比为16%;(2)距离、航司投入总运力、航线结构、端点机场类型和竞争程度、航司类型及所属区域和联盟对航司航线运营持续时间具有显著影响;(3)联盟和代码共享独立变量和交互变量均对航线生存产生显著影响,星空和天合联盟成员的航线运营持续时间更长,联盟成员在代码共享合作时承担不同承运人角色对航线退出风险影响存在显著差异。

**关键词:** 航空运输;航线运营持续时间;生存分析;国际市场;航空公司合作类型

**中图分类号:** F561;U8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2615(2023)02-0320-09

## Survival Analysis on Operating Duration of Airline Routes in EU-US International Market

MA Xinyao, TANG Xiaowei, WANG Liwen, ZHANG Shengrun

(College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 211106, China)

**Abstract:** The post-entry operation sustainability of airline routes directly affects their profitability. This paper investigates factors influencing the operating duration of airline routes based on a survival analysis modeling method. Key factors are selected from five aspects representing characteristics in terms of cost and supply, route and airport, market structure, airline cooperation type, and time heterogeneity. The transatlantic market between Europe and the US is chosen as the empirical study due to its high degree of liberalization. The research period ranges 19 years from 2003 to 2021. First, the single factor analysis is conducted by utilizing the Kaplan-Meier method. Second, a Weibull parameter survival model is constructed to quantitatively analyze the relationship between the chosen factors and the operating duration of airline routes. The results show that: (1) The average operating duration of the EU-US routes is five years, among which routes that were continuously operated for more than 10 years account for 16%; (2) the operating duration of airline routes is significantly influenced by distance, airline's total capacity, route structure, endpoint airports type, route competition, airline type, and region as well as alliance; (3) both independent and interaction variables representing alliance and code-share characteristics have significant impacts on route operating duration. Routes operated by Star and SkyTeam members have a longer operating duration. For airlines in the

**基金项目:** 国家自然科学基金(41701120);2023年民航安全能力建设项目(IMH23007)。

**收稿日期:** 2022-08-14; **修订日期:** 2022-11-02

**通信作者:** 唐小卫,男,讲师, E-mail: tangxiaowei@nuaa.edu.cn。

**引用格式:** 马昕瑶,唐小卫,王立文,等. 航空公司欧美国际航线运营持续时间生存分析[J]. 南京航空航天大学学报, 2023, 55(2): 320-328. MA Xinyao, TANG Xiaowei, WANG Liwen, et al. Survival analysis on operating duration of airline routes in EU-US international market[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2023, 55(2): 320-328.

same alliance, the route-exit risks between operating carriers and marketing carriers in code-sharing cooperation are significantly different.

**Key words:** air transportation; route operating duration; survival analysis; international market; airline cooperation type

国际航空运输市场拓展是中国从民航大国走向民航强国的重要战略。受航空联盟、天空开放政策、金融危机和全球疫情传播等内外部事件影响,国际航线运营的稳定性远低于国内航线。欧洲-美国洲际市场作为国际航空运输自由化程度最高的区域<sup>[1]</sup>,开展全世界航空公司在欧美航线的运营持续性研究,对国内国际双循环新发展格局背景下中国航司开拓国际航空运输市场并提高国际竞争力具有积极意义。

航线运营持续性是航线网络演化机理领域的重要研究课题,是评价航司航线网络脆弱性和竞争能力的重要指标,涉及航司从进入某航线直至退出全过程。相关研究成果主要集中于航司航线进入模式、航线脆弱性、航线退出演化等分析。较多学者构建 Probit 模型研究影响航司国内航线进入的因素,典型实证分析包括中国春秋航空<sup>[2]</sup>、澳大利亚捷星航空<sup>[3]</sup>和欧洲低成本航司<sup>[4]</sup>等,少数学者研究航司国际航线进入模式<sup>[5]</sup>。Boguslaski 等<sup>[6]</sup>引入航线脆弱性概念识别美国全服务航司航线网络中最容易遭受低成本航司竞争影响的航线。仅有少数学者基于城市对尺度分析影响航线退出的决定因素<sup>[7]</sup>。现有研究多集中于分析航司国内/国际航线进入,对航线退出方面的研究尚显不足,较少涉及关联航线进入和退出的运营持续性及影响机理研究。

本文借鉴生存分析理论及建模方法提出航线运营持续时间表征航线运营稳定性。该方法已被应用于其他交通领域研究电动车忍耐时间<sup>[8]</sup>、城市快速路交通事件持续时间<sup>[9]</sup>和驾驶员跟驰反应延迟时间<sup>[10]</sup>等问题。民航领域主要关注航司合作联盟持续时间<sup>[11]</sup>、新成立航司生存时间<sup>[12]</sup>和低成本航司新航线自公司成立之时的构建时间<sup>[13]</sup>等宏观分析。现有研究主要从宏观层面进行航司整体运营持续生存分析,从微观上对航线层面运营持续时间生存分析的研究较为匮乏,特别是对航司在国际市场航线运营稳定性的建模分析亟待加强。

因此,本文以航司国际航线这一微观细分对象为切入点,提出航线全生命周期运营研究新视角,将进入作为航线“生存”的起始标识,退出作为结束标识,全面总结前人关于航线进入和退出的影响因素集合,针对航线进入-退出长时间面板数据,提出航线持续运营影响因素构建方法。本文贡献在于

提出一种新的解析航线网络脆弱性的方法,不仅提出航线运营持续时间的量化方法,同时探究航线运营持续时间的的影响机理,为航空公司从本质上提高航线运营稳定性提供方法支撑。

综上所述,本文以欧洲-美国洲际市场为实证对象,基于生存分析理论测算航司航线运营持续时间,分析进入航线生存率演化过程,构建航司航线退出风险参数生存回归模型,识别关键影响因素,以为航司提高国际航线运营可持续性和竞争力提供有益参考。

## 1 数据来源与样本选择

研究数据来源于全球航空数据提供商官方航空指南(Official airlines guide, OAG)航班运力分析模块。研究对象选取连接欧洲与美国的跨大西洋市场,由于同一机场对往返方向的经停机场不同,因此样本收集考虑航线有向性。研究时间选取2003—2021共19年(228月)的定期航班运营数据,长跨度和细粒度保证所构建模型能精准识别影响航司航线运营持续性的关键因素。

生存分析模型基于“航司-航线”尺度构建,样本筛选需保证涵盖欧美国际市场最重要的航司和航线,因此设置两个条件:(1)由于代码共享是航司服务国际市场的重要合作方式之一<sup>[14]</sup>,因此将欧美市场划分为实际承运和营销承运两个细分市场,分别筛选频率市场份额占比超过1%的航司;(2)选择运营持续时间超过12个月的航线。最终包括67家服务欧美市场的航司和4483条航司-航线,其中同时承担实际和营销承运的航司数量为46,仅承担实际承运角色的航司有11家,仅承担营销承运角色的航司有10家。对于航司退出某航线后存在再次进入市场的重复事件情况,将其视为相互独立的单一事件,最终得到5348个航司航线退出事件数。

## 2 航线运营持续时间生存分析模型

### 2.1 模型要素

生存分析模型要素包括生存时间、生存函数和风险函数。

(1)生存时间  $T$ 。生存时间定义为航线运营持续时间,指航司从进入某航线至退出的时间间隔,其中,若航司在当月运营某航线而在前一个月未提

供服务,则定义为航线进入(航司提供航线服务具体指航司对飞行航线的具体航班进行座位销售);若航司在当月运营某航线而在后1个月未提供服务,则定义为航线退出。实际中包含截断或删除等不完全数据,截断数据指航线进入早于起始观测时间的样本,删失数据指观测时间结束时航线退出事件仍未发生的样本。

(2)生存函数 $S(t)$ 。表示航司航线运营持续时间 $T$ 大于 $t$ 的累积生存概率,其公式为

$$S(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(x) dx \quad (1)$$

式中 $f(x)$ 为航线运营持续时间 $T$ 的概率密度函数。

(3)风险函数 $\lambda(t)$ 。表示航司持续运营某航线至 $t$ 时刻条件下,在单位时间间隔 $\Delta t$ 内退出该航线的瞬时概率,其定义为

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \quad (2)$$

## 2.2 航线生存函数估计方法

为定量分析特定因素影响下的航线运营持续时间生存函数分布特性,采用Kaplan-Meier(KM)非参数方法估计各时点的航线生存率并绘制生存曲线。KM估计量 $\hat{S}(t)$ 的计算公式为

$$\hat{S}(t) = \prod_{i|t_i < t} \left( \frac{n_i - d_i}{n_i} \right) \quad (3)$$

$$n_{i+1} = n_i - m_i - d_i \quad (4)$$

式中: $t_i$ 为航线运营持续时间从小到大排序后的第 $i$ 个节点; $n_i$ 为 $t_{i-1}$ 时的航线总数; $d_i$ 为 $[t_{i-1}, t_i)$ 内的航线退出事件数; $m_i$ 为 $[t_{i-1}, t_i)$ 内发生删失的航线数。

## 2.3 航线运营持续时间参数生存分析建模

模型构建包括运营持续时间分布函数确定和基于风险函数的生存分析建模两个过程。通过拟合航司欧美市场航线运营持续时间分布,依据AIC(Akaike's information criterion)和BIC(Bayesian information criterion)对半参数Cox模型和不同参数分布模型评估指标最小原则,确定航线运营持续时间服从威布尔分布。因此,构建航线运营持续时间威布尔参数生存分析模型。综合分析文献中有关航司进入或退出的影响因素<sup>[1-7,12-13]</sup>,从成本和供给、机场和航线和市场结构特征,及航司合作类型和时间异质性五方面研究影响航司航线运营持续时间的因素。模型为

$$\lambda(t|X) = \lambda_0(t) \exp(\beta X) = \lambda_0(t) \exp(\beta_1 \ln D_{rm} + \beta_2 \ln F_{irm} + \beta_3 \ln A_{irm} + \beta_4 C_{ir} + \beta_5 U_{ir} + \beta_6 O_{ir} + \beta_7 N_{OperateCar rm} + \beta_8 N_{MarketCar rm} +$$

$$\beta_9 L_i + \beta_{10} R_{NA i} + \beta_{11} R_{EU i} + \beta_{12} Y_{Operate i} + \beta_{13} Y_{Market i} + \beta_{14} I_{Star im} + \beta_{15} I_{Skteam im} + \beta_{16} I_{Oneworld im} + \beta_{17} V_{StarOperate irm} + V_{SkteamOperate irm} + \beta_{19} V_{OneworldOperate irm} + \beta_{20} V_{StarMarket irm} + \beta_{21} V_{SkteamMarket irm} + \beta_{22} V_{OneworldMarket irm} + \beta_{23} t_{2007m} + \dots + \beta_{36} t_{2021m}) \quad (5)$$

式中: $\lambda(t|X)$ 为 $t$ 时刻自变量集合 $X$ 影响条件下的风险函数; $i$ 表示航司; $r$ 表示航线; $m$ 表示月份(1, 2, ..., 228); $\lambda_0(t)$ 为航线运营持续时间服从威布尔分布的基准风险函数,即 $t$ 时刻所有的自变量取值为0时的风险率函数,表达式为 $\lambda_0(t) = st^{s-1}$ , $s$ 为单参数威布尔模型的形状参数,可解释为航线运营持续时间 $T$ 达到 $t_k$ 时退出市场的风险率是 $T$ 为 $t_{k-1}$ 时的 $\frac{\lambda_0(t_k)}{\lambda_0(t_{k-1})}$ 倍; $\beta$ 为模型估计系数集合; $\exp(\beta)$ 是 $\beta$ 的指数化估计系数集合,表示控制其他变量时,当前自变量变动一个单位引起的风险率变动倍数(简称风险比),该值大于1表示航司航线持续运营风险增加,小于1时表示风险降低。下面详述各自变量的含义。

### (1)成本和供给特征

表征成本和供给特征的3个变量的原始值与航线退出风险呈现非线性关系,通过对数化实现估计结果解释的统一性。

$D_{rm}$ :表示航线 $r$ 的两个端点机场间的大圆距离,如果为经停航线,则计算两个连接航段的大圆距离之和。

$F_{irm}$ :表示第 $m$ 个月航司 $i$ 在航线 $r$ 的总频率数。

$A_{irm}$ :表示第 $m$ 个月航司 $i$ 在航线 $r$ 的总座位数。

### (2)机场和航线特征

$C_{ir}$ :表示时刻控制机场。如果航司 $i$ 的航线 $r$ 任一端点机场为美国的华盛顿杜勒斯机场(IAD)、纽约肯尼迪机场(JFK)、芝加哥奥黑尔机场(ORD)与欧洲的希思罗机场(LHR)、阿姆斯特丹机场(AMS)、戴高乐机场(CDG)和法兰克福机场(FRA),则取值为1,否则为0。

$U_{ir}$ :表示旅游目的地。如果航司 $i$ 的航线 $r$ 任一端点机场为美国的拉斯维加斯麦卡伦机场(LAS)、奥兰多机场(MCO)、迈阿密机场(MIA)、坦帕机场(TPA)与欧洲的巴塞罗那机场(BCN)和里斯本机场(LIS),则取值为1,否则为0。

$O_{ir}$ :表示航线结构类型差异性,为虚拟变量。

本研究考虑直达和一次经停两种类型,如果航司  $i$  的航线  $r$  为经停航线,则取值为 1,否则为 0。

(3) 市场结构特征

$N_{Carrier\ r\ m}$ : 表示航线  $r$  的竞争程度。设置  $N_{Operate\ Car\ r\ m}$  和  $N_{Market\ Car\ r\ m}$  两个变量分别表征实际承运市场和营销承运市场的竞争程度,分别计算航线  $r$  的实际承运航司数量和营销承运航司数量。

$L_i$ : 表示长途低成本航司影响。该变量为虚拟变量,如果航司  $i$  为低成本商务模式的航司,则取值为 1,否则为 0。其中,挪威航空、美国捷蓝航空、英国 OpenSkies 航空为低成本航司<sup>[5,13]</sup>。

$R_i$ : 表征航司  $i$  的地理区域异质性。设置虚拟变量  $R_{NA\ i}$ ,  $R_{EU\ i}$  分别对应北美和欧洲地区的航司。

(4) 航司合作类型

$Y_i$ : 表征代码共享合作中承担不同角色航司的整体效应。设置虚拟变量  $Y_{Operate\ i}$  和  $Y_{Market\ i}$  分别表征研究时间尺度内仅作为实际承运和仅作为营销承运角色的航司类型。

$I_{Alliance\ im}$ : 表征联盟合作的影响。设置  $I_{Star\ im}$ ,  $I_{Skmtteam\ im}$  和  $I_{Oneworld\ im}$  3 个虚拟变量表征联盟与非联盟以及三大联盟间的影响差异性。若运营航线  $r$  的航司  $i$  在第  $m$  个月属于星空联盟、天合联盟或寰宇一家,则对应的 3 个变量值为 1,否则为 0。

进一步,在研究代码共享和联盟单独作用的基础上检验其综合作用的影响,构建表征联盟和代码共享市场竞争程度的交互变量共 6 个,即  $V_{StarOperate\ irm}$ ,  $V_{SkmtteamOperate\ irm}$  和  $V_{OneworldOperate\ irm}$ , 以及  $V_{StarMarket\ irm}$ ,  $V_{SkmtteamMarket\ irm}$  和  $V_{OneworldMarket\ irm}$ 。

(5) 时间异质性

$t_m$ : 表示时间虚拟变量。以“天空开放”协议实施以前的 2003—2006 年作为 OSA 基准年,共设置 15 个时间虚拟变量。

### 3 结果分析与讨论

#### 3.1 KM 生存函数估计结果

以各年份的航司-航线进入事件数为基准,采用 KM 方法计算基于进入年份和不同长度运营持续时间的航线生存率并观测其变化情况。表 1 中,左截断数据占比 15.0%,右删失数据占比 13.4%,航司航线运营平均持续时间为 64 个月。随着持续时间长度的增加,航线生存率逐年降低。航线不同进入年份、不同持续时间长度所对应的生存率也存在差异。其中,当进入年份为 2007、2008、2014 和 2019 时,运营持续 1 年的航线生存率相对较低,导致后续持续长度对应的航线生存率也较低。整体上,进入年份越早,运营前期的航线生存率越高。

表 1 航司航线生存率变化过程

Table 1 Evolution of the survival ratio at the carrier-route level

进入年份	运营持续时间≥X年的航司-航线生存率/%																			合计	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
2003	91.55	85.74	82.08	79.84	71.89	65.89	60.79	58.66	49.19	45.52	42.67	39.92	39.21	38.80	38.19	35.74	8.25	7.84	7.84	982	
2004	87.83	77.39	72.17	60.87	53.04	46.96	39.13	34.78	27.83	25.22	23.48	23.48	23.48	23.48	6.96	1.74	1.74				115
2005	92.63	89.47	84.21	78.95	71.58	56.84	50.53	49.47	36.84	36.84	35.79	35.79	35.79	12.63							95
2006	73.68	63.16	46.20	38.01	33.33	29.24	27.49	18.13	17.54	17.54	17.54	17.54	12.28								171
2007	50.36	27.74	23.36	20.44	16.79	14.60	13.87	10.22	10.22	10.22	10.22	4.38	1.46	1.46							137
2008	69.85	62.15	50.46	42.15	33.23	33.23	32.62	30.77	28.92	28.62	13.85	4.00	4.00								325
2009	88.07	56.38	47.74	46.91	41.56	41.15	37.04	33.33	32.51	8.64	3.70	3.70									243
2010	68.38	49.08	48.25	44.97	44.35	42.09	40.25	38.19	14.78	3.08	3.08	3.08									487
2011	79.59	74.49	63.95	59.86	56.46	51.02	49.66	42.52	6.12	6.12											294
2012	70.95	55.41	50.00	49.32	42.57	39.86	10.14	2.70	1.35												148
2013	81.63	69.58	64.46	51.20	44.88	9.94	2.41	2.41													332
2014	55.18	43.70	38.38	35.85	11.48	1.40	1.40														357
2015	64.86	55.41	47.30	14.41	8.11	8.11															222
2016	80.92	51.97	15.46	3.62	3.62	3.62															304
2017	59.01	28.57	1.24	1.24	1.24																161
2018	66.67	1.47	1.47																		273
2019	10.73	10.73																			177
2020	97.71																				525

注:左截断数据无法观测其在 2003 年之前具体的进入年份,统计中视为从 2003 年 1 月进入;右删失数据无法观测其在 2021 年之后是否发生航线退出事件,统计中视为在 2021 年 12 月观测期截止时仍存在。

KM Log-rank 检验结果表明模型所选因素对生存函数均存在显著的组间差异性,图1所示为

全部因素(图1(a))和特定因素(图1(b~h))影响下的生存曲线图。

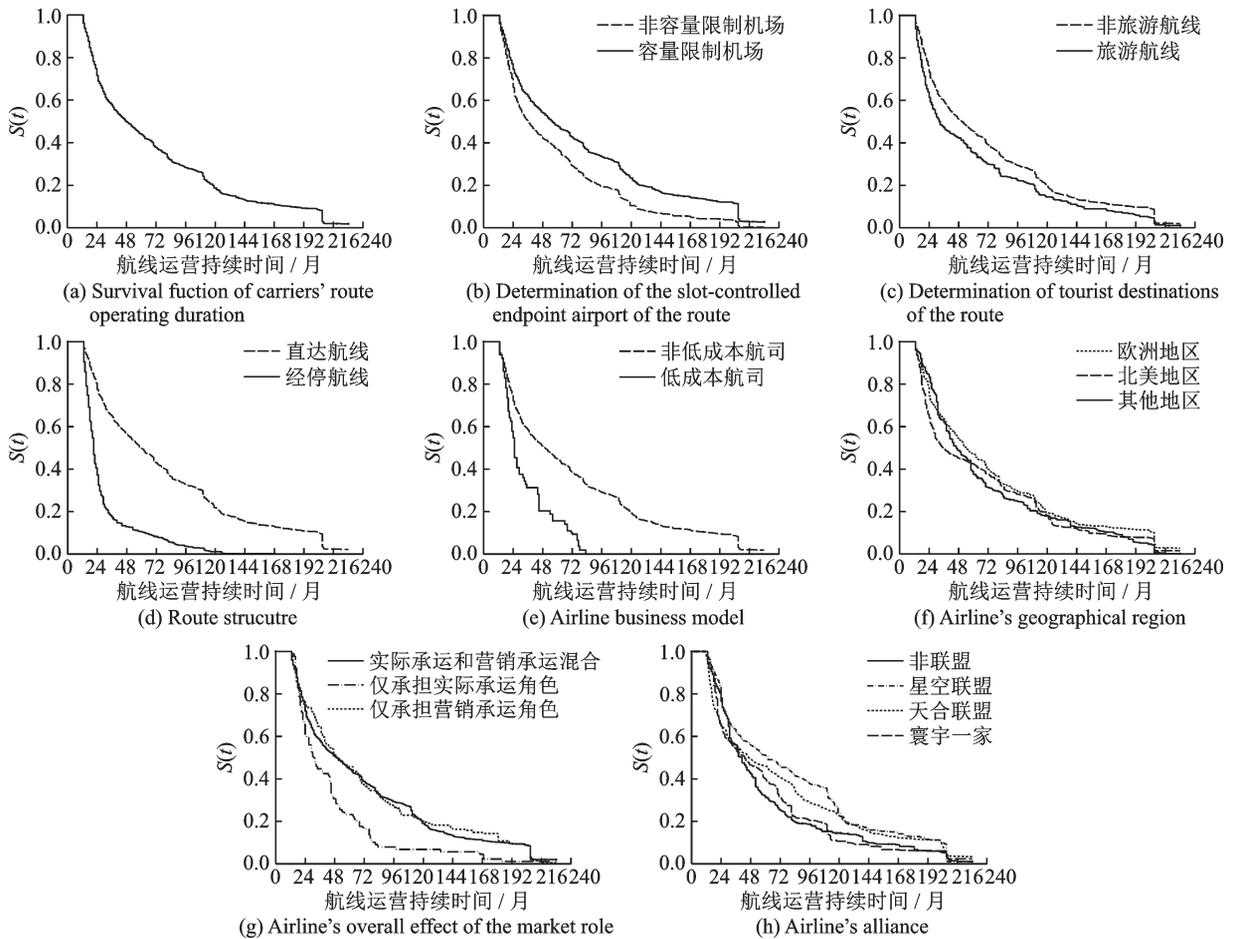


图1 各变量的航线运营持续时间生存曲线

Fig.1 Survival curves of carriers' route operation duration for different variables

(1) 全部因素影响下的航线生存函数

从图1(a)可看出,12~25个月内生存曲线变化较为陡峭,说明较多航线的运营持续时间较短,运营2年内退出市场的概率较大。至25个月时,随着航线运营持续时间的增加,曲线逐渐趋于平缓;至70、81和111个月时,曲线下下降速率增大,说明有较多航线持续运营至以上时间时发生退出;至207个月时,大量航线由于新冠疫情影响而中断运营。

(2) 机场和航线变量影响下生存函数分布特征

如图1(b)所示,连接容量限制机场的航线与连接非容量限制机场的航线的运营持续时间在25个月前差距较小;25个月后差距逐渐增大,接近110个月时差距最大,此后差距逐渐缩小直至平稳状态。整体上,连接容量限制机场的航线运营持续时间更长。与非旅游航线相比,旅游航线的运营持续时间更短(图1(c)),但二者的差距在生存时间达到130个月时逐渐缩小,表明部分旅游航线拥有

较强的稳定性。与直达航线相比,经停航线的生存曲线下下降速率较快(图1(d)),大量经停航线在27个月内中断服务,表明航司以经停方式服务国际航线的运营持续时间较短。

(3) 市场结构变量影响下生存函数分布特征

低成本和非低成本航司的国际航线生存曲线呈现显著差异(图1(e)),由于低成本航司进入欧美航线较晚,其最长持续运营时间仅83个月。欧洲航司的航线比北美地区的生存时间更长(图1(f)),后者的航线生存曲线在12~46个月间下降速率较快,表明较多北美航司的航线退出发生在运营初期。

(4) 航司合作类型变量影响下生存函数分布特征

仅承担实际承运航司、仅承担营销承运角色和二者混合航司之间具有显著差异(图1(g))。不同联盟运营航线的持续时间存在显著差异(图1(h)),尤其在30个月后,星空联盟、天合联盟、寰宇一家和非联盟的生存曲线下下降幅度依次降低。

### 3.2 影响航线运营持续时间的因素分析

为了检验联盟和代码共享竞争方式对航线生存风险的综合效应,分别构建仅包括独立变量(模型1)和增加6个交互变量(模型2)共两个模型,对比对数似然值表明模型2具有更好的拟合优度。变量基础统计分析如表2所示,采用最大似然估计法得到的估计结果如表3所示。表3中通过对左截断数据的稳健性分析,结果表明左截断数据置于样本中不影响数据总体结果。威布尔生存模型参数 $s$ 估计值为1.39,基准风险函数关于航线运营持续时间单调递增,如当航线运营持续时间为100个月时,其退出风险是时间为10个月的2.45倍。

表2 变量基础统计

Table 2 Variables summary statistics

变量	均值	方差	最小值	最大值
$t$	58.613	51.322	1	228
$\ln D$	8.808	0.213	7.737	9.462
$\ln A$	9.022	0.680	3.689	11.767
$\ln F$	3.487	0.588	0	5.986
$C$	0.703	0.457	0	1
$U$	0.124	0.329	0	1
$O$	0.063	0.243	0	1
$N_{\text{OperateCar}}$	1.789	1.039	1	6
$N_{\text{MarketCar}}$	4.295	3.807	0	21
$L$	0.013	0.112	0	1
$R_{\text{NA}}$	0.379	0.485	0	1
$R_{\text{EU}}$	0.486	0.500	0	1
$Y_{\text{Operate}}$	0.024	0.153	0	1
$Y_{\text{Market}}$	0.048	0.214	0	1
$I_{\text{Star}}$	0.392	0.488	0	1
$I_{\text{Skyteam}}$	0.234	0.424	0	1
$I_{\text{Oneworld}}$	0.219	0.413	0	6
$V_{\text{StarOperate}}$	0.644	0.992	0	6
$V_{\text{SkyteamOperate}}$	0.405	0.853	0	6
$V_{\text{OneworldOperate}}$	0.421	0.958	0	21
$V_{\text{StarMarket}}$	1.557	2.870	0	21
$V_{\text{SkyteamMarket}}$	0.803	2.166	0	21
$V_{\text{OneworldMaket}}$	1.202	2.982	0	21

#### (1) 成本和供给特征分析

由表3可知,航司运营航线距离越长,退出风险越大。对于网络扩张型航司,要想降低航线退出风险,需考虑降低长距离航线成本或者控制长距离航线在整体航线中的占比。表征供给的两个变量均具有统计学意义上的负显著影响,增加运力和频率总量的投放均有助于航司抵御航线退出的风险。

#### (2) 航线和机场特征分析

在与机场特征相关的变量中,旅游航线和容量

限制机场连接航线均具有统计学意义上的负显著影响。航司退出欧美旅游航线的风险较低,受容量控制机场的枢纽地位使其拥有更庞大稳定的客流,航司退出这类机场连接航线的风险是非容量受限机场连接航线的82%左右。表征航线结构的变量显著,经停航线的退出风险相比直达航线增加了约260%,说明航司为应对需求变化,采用经停方式组织旅客运输以提高航线网络利用率。

#### (3) 市场结构特征分析

表征航司商业模式和区域异质性的变量中,低成本和北美地区航司退出欧美市场的风险增加了约150%和19%。低成本长途洲际商业模式仍处于探索和发展阶段,表明该类航司仍需提高航线持续稳定运营的能力。已有研究发现,欧美天空开放协议后美国航司进入市场的概率更高<sup>[1]</sup>,美国航司航线退出概率的增加意味着其对欧美市场准入准出壁垒降低政策效能的利用程度比其他区域航司更高。

#### (4) 航司合作类型特征分析

相比同时承担实际承运和营销承运两类角色的航司,仅以实际承运方式运营的航司退出风险较低,仅以营销合作方式参与欧美市场运营的航司退出风险较高。航线市场中实际承运航司数量越多,则航司退出该类航线的风险越高,航司持续服务该类航线的的时间越短,反映了避免竞争型策略在航司航线生存中的重要作用。而航线市场中营销承运航司数量越多,航司退出该类航线的风险越低。由于营销承运航司大多依赖与其代码共享的实际承运航司,对营销承运市场而言,航司数量多并不意味着会触发竞争,市场出现对前者具有更重要的意义。

联盟变量对航司航线运营持续时间具有统计学意义上的显著性。三大联盟变量系数符号的不同体现了不同联盟的成员航司在欧美市场抵御航线退出风险的差异性。与不加入任何联盟的航司相比,属于星空联盟和天合联盟的航司退出市场的风险较低,而属于寰宇一家的航司退出市场的风险较高(模型1)或与非联盟航司相比无显著差异(模型2)。

联盟与竞争程度的交互变量对航司航线生存风险也具有显著影响。星空联盟在某航线的实际承运航司数量越多,其成员航司退出该航线的风险更低;星空联盟在某航线的营销承运航司数量越多,其成员航司退出该航线的风险更高;天合联盟在某航线的营销承运航司数量越多,其成员航司退

表3 威布尔参数生存模型估计结果

Table 3 Estimation results of Weibull parametric survival model

变量	模型1		模型2	
	$\beta$	$\exp(\beta)$	$\beta$	$\exp(\beta)$
常数项	-4.190***(0.729)	0.015***(0.011)	-3.647***(0.735)	0.026***(0.019)
$s$	0.327***(0.010)	1.386***(0.013)	0.326***(0.010)	1.385***(0.013)
$\ln D$	0.366***(0.084)	1.441***(0.121)	0.300***(0.085)	1.349***(0.114)
$\ln A$	-0.455***(0.046)	0.634***(0.029)	-0.441***(0.046)	0.644***(0.030)
$\ln F$	-0.647***(0.047)	0.524***(0.025)	-0.671***(0.048)	0.511***(0.025)
$C$	-0.204***(0.035)	0.816***(0.028)	-0.183***(0.035)	0.833***(0.029)
$U$	-0.207***(0.044)	0.813***(0.036)	-0.181***(0.044)	0.835***(0.037)
$O$	1.296***(0.054)	3.656***(0.196)	1.305***(0.054)	3.687***(0.199)
$N_{\text{OperateCar}}$	0.135***(0.027)	1.144***(0.031)	0.169***(0.052)	1.184***(0.061)
$N_{\text{MarketCar}}$	-0.005(0.007)	0.995(0.007)	-0.028**(0.014)	0.972**(0.014)
$L$	0.917***(0.117)	2.502***(0.293)	0.894***(0.117)	2.445***(0.285)
$R_{\text{NA}}$	0.174***(0.059)	1.191***(0.071)	0.177***(0.060)	1.193***(0.071)
$R_{\text{EU}}$	-0.114**(0.056)	0.893**(0.050)	-0.115**(0.057)	0.891**(0.050)
$Y_{\text{OperateOnly}}$	-0.549***(0.104)	0.577***(0.060)	-0.619***(0.109)	0.538***(0.059)
$Y_{\text{MarketOnly}}$	0.123(0.084)	1.131(0.094)	0.158*(0.084)	1.171*(0.099)
$I_{\text{Star}}$	-0.241***(0.054)	0.786***(0.042)	-0.306***(0.095)	0.736***(0.070)
$I_{\text{Skyteam}}$	-0.403***(0.057)	0.668***(0.038)	-0.260**(0.107)	0.771**(0.083)
$I_{\text{Oneworld}}$	0.142**(0.056)	1.153**(0.064)	0.072(0.098)	1.075(0.106)
$V_{\text{StarOperate}}$			-0.210***(0.072)	0.811***(0.058)
$V_{\text{SkyteamOperate}}$			-0.020(0.081)	0.980(0.079)
$V_{\text{OneworldOperate}}$			0.080(0.067)	1.083(0.073)
$V_{\text{StarMarket}}$			0.102***(0.018)	1.108***(0.020)
$V_{\text{SkyteamMarket}}$			-0.048**(0.021)	0.953**(0.020)
$V_{\text{OneworldMarket}}$			-0.014(0.018)	0.986(0.018)
$t_{2007}$	-0.172(0.144)	0.842(0.121)	-0.178(0.144)	0.837(0.121)
$t_{2008}$	0.688***(0.103)	1.990***(0.205)	0.668***(0.103)	1.951***(0.201)
$t_{2009}$	0.696***(0.103)	2.006***(0.206)	0.694***(0.103)	2.002***(0.206)
$t_{2010}$	0.599***(0.104)	1.820***(0.189)	0.610***(0.104)	1.841***(0.191)
$t_{2011}$	0.441***(0.104)	1.554***(0.161)	0.438***(0.104)	1.549***(0.161)
$t_{2012}$	1.378***(0.086)	3.967***(0.342)	1.388***(0.086)	4.007***(0.347)
$t_{2013}$	0.334***(0.113)	1.397***(0.158)	0.342***(0.113)	1.408***(0.159)
$t_{2014}$	0.421***(0.105)	1.523***(0.159)	0.437***(0.105)	1.547***(0.162)
$t_{2015}$	0.834***(0.093)	2.303***(0.214)	0.862***(0.093)	2.369***(0.220)
$t_{2016}$	-0.111(0.119)	0.895(0.107)	-0.085(0.119)	0.919(0.109)
$t_{2017}$	0.362***(0.103)	1.436***(0.148)	0.390***(0.103)	1.477***(0.152)
$t_{2018}$	0.505***(0.101)	1.657***(0.168)	0.529***(0.101)	1.697***(0.172)
$t_{2019}$	0.485***(0.103)	1.624***(0.167)	0.508***(0.103)	1.662***(0.171)
$t_{2020}$	3.171***(0.092)	23.827***(2.188)	3.173***(0.092)	23.870***(2.190)
$t_{2021}$	-0.218(0.245)	0.804(0.197)	-0.208(0.245)	0.812(0.199)
对数似然值	-196.162	-141.735		

注:括号中为稳健标准差,\*\*\* $p < 0.01$ ,\*\* $p < 0.05$ ,\*\*\* $p < 0.1$ 。

出该航线的风险越低。由此看出,代码共享和联盟共同作用对航司航线持续运营时间的影响与二者单独作用时并不完全一致。这种差异一方面证明了联盟和代码共享合作方式的不同,另一方面反映

出三大联盟在实际承运和营销承运市场存在市场优势差异,同一联盟成员航司承担代码共享不同承运人角色时,对航司航线运营持续时间的不同影响。

#### (5) 时间异质性特征分析

时间虚拟变量的不同影响从整体上检验了典型突发事件对航司航线运营持续性的影响。航司在2020年新冠疫情影响下其航线退出风险是“天空开放”协议实施前的20多倍。2012年和2009年航司退出风险估计系数值也较大,证明所构建模型能较好地模拟石油价格上涨和全球经济危机等重大外部突发事件的影响。

## 4 结 论

航司航线运营持续性与其盈利水平和航线稳定性密切相关,研究旨在揭示影响欧美国际航线运营持续时间的关键因素及其作用机理。从航线运营持续性生存分析建模方法、航司合作类型变量作用机理、航线网络动态调整3方面总结主要结论如下:

(1)提出的航线运营持续时间威布尔参数生存回归模型具有较好的拟合优度,2003—2021年共19年的长时间尺度数据较准确地量化了重大外部突发事件的影响,航司运营欧美航线的平均持续时间为5年,持续运营超过10年的航线占比为16%,说明欧美航线整体稳定性有待提高。

(2)作为国际航线合作重要方式的代码共享有助于联盟成员航司共同抵御航线退出风险,但在典型场景下仍然面临较高的市场退出风险,例如,仅以单一营销承运人身份提供虚拟欧美航线的航司整体退出风险较高,这意味着,此类航司可通过代码共享和联盟实现国际航线的市场进入,但其仍需强化承运人角色和功能以维持市场存在。此外,结合市场结构特征变量,新型商业模式和区域差异综合影响下,航司数量是影响国际航线退出的重要决策因素。

(3)除航线合作类型和时间异质性变量,模型可系统揭示成本和供给、机场和航线,以及市场结构特征变量对航线运营持续性的影响。依据旅客出行目的细分市场和提供差异化航线服务,航司做出航线退出决策,进而重构航线网络。

本文提出识别影响航司国际航线退出风险关键因素的生存分析模型可推广至其他国际航空市场,但需注意,世界各个国家和地区的国际航空运输政策具有显著差异,需结合具体情况构建影响航线运营持续时间的因素集合,尤其是市场结构和航司合作类型特征变量。此外,样本选择在不同国家或地区的市场存在差异性,对样本进行模型构建前

应拟合其航线运营持续时间的分布规律,选择生存分析方法下相应的参数模型或半参数Cox模型。

研究结论对中国航司开拓国际市场并提升国际航线运营竞争力具有启示意义,为制定更加自由开放的国际航空运输政策提供理论路径参考。尽管航司根据期望盈利水平可动态调整航线的进入和退出,但其影响较难量化,本文提出的航线运营持续时间可作为民航管理部门和航司评估其国际航线竞争力的指标之一。中国航司在采用代码共享合作方式开拓国际市场时,应根据所服务航线的市场特征,选择恰当的承运人角色(实际承运或营销承运)开展合作,实现市场占有率和盈利之间的平衡。从民航管理部门角度看,在航司合作模式方面可采用逐渐开放策略,即本国航司把握实际承运航司主动权,接受一定数量的外国航司承担营销承运角色,在双方市场对等的原则下实现国际航线网络优化。

#### 参考文献:

- [1] ZHANG S, DERUDDER B, FUELLHART K, et al. Carriers' entry patterns under EU-US open skies agreement[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2018, 111: 101-112.
- [2] FU X, LEI Z, WANG K, et al. Low cost carrier competition and route entry in an emerging but regulated aviation market—The case of China[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2015, 79: 3-16.
- [3] HOMSOMBAT W, LEI Z, FU X W. Competitive effects of the airlines-within-airlines strategy - Pricing and route entry patterns[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2014, 63: 1-16.
- [4] FAGEDA X, SUAUA-SANCHEZ P, MASON K J. The evolving low-cost business model: Network implications of fare bundling and connecting flights in Europe[J]. *Journal of Air Transport Management*, 2015, 42: 289-296.
- [5] KULJANIN J, KALIC M, BEGOVIC B, et al. The effect of LCC market entry on dominant FSC's price into long haul sector: A case of Norwegian competition on British Airways' prices on selected transatlantic routes[J]. *Journal of Air Transport Management*, 2021, 91: 102016.
- [6] BOGUSLASKI C, ITO H, LEE D. Entry patterns in the southwest airlines route system[J]. *Review of Industrial Organization*, 2004, 25: 317-350.
- [7] NGUYEN C, NGUYEN C. Understanding determi-

- nants of making airline route entry and exit decisions: An application of logit models[J]. *Collegiate Aviation Review*, 2018, 36(2): 92-116.
- [8] 周继彪, 王群燕, 张敏捷, 等. 7种因素对电动自行车忍耐时间的实证研究[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2017, 17(5): 242-249.
- ZHOU Jibiao, WANG Qunyan, ZHANG Minjie, et al. An empirical study on seven factors influencing waiting endurance time of e-bike[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2017, 17(5): 242-249.
- [9] 柳本民, 陈彦旭, 管星宇. 高速公路冰雪湿滑路面车辆换道越线时间生存分析[J]. *同济大学学报(自然科学版)*, 2020, 48: 517-525.
- LIU Benmin, CHEN Yanxu, GUAN Xingyu. Survival analysis of time-to-line crossing of vehicles on snow and slippery road[J]. *Journal of Tongji University(Nature Science)*, 2020, 48: 517-525.
- [10] 张彦宁, 郭忠印, 高坤, 等. 基于分层COX模型的跟驰反应延迟时间生存分析[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2020, 20(1): 54-60.
- ZHANG Yanning, GUO Zhongyin, GAO Kun, et al. Car-following response delay time survival analysis based on stratified cox model[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2020, 20(1): 54-60.
- [11] GUDMUNDSSON S V, RHOADES D L. Airline alliance survival analysis: Typology, strategy, and duration[J]. *Transport Policy*, 2001, 8(3): 209-218.
- [12] FAN T P C. Determinants of de novo new entrant survival in the liberalized intra-European scheduled passenger airline industry[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2009, 45(2): 293-306.
- [13] MÜLLER K, HÜSCHEL RATH K, BILOTKACH V. The Construction of a low-cost airline network-facing competition and exploring new markets[J]. *Managerial and Decision Economics*, 2012, 33(7/8): 485-499.
- [14] 孙颖. 代码共享, 航空联盟与民航企业绩效-来自中国民航业的实证研究[J]. *产经评论*, 2021, 12(4): 103-115.
- SUN Ying. Global alliance, code-sharing and corporate performance-Empirical research on China's airline industry [J]. *Industrial Economic Review*, 2021, 12(4): 103-115.

(编辑:张蓓)