

# 全球多机场区域空间格局与类型划分

曹小曙, 廖望

(中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

**摘要:**基于2016年的全球官方航空指南(Official Aviation Guide, 简称OAG)计划航班数据, 本文重点分析了全球多机场区域的空间格局和主要类型。研究发现:除美国和欧洲的英、法、德、意等国外, 中国、日本、泰国和巴西等国的多机场区域数量占有绝对优势。南欧、澳大利亚和新西兰、西亚等地的多机场区域内的机场等级呈现两端极化, 缺少中间层级的辅助机场。以车程时间作为衡量, 英、美两国多机场区域内机场布局更为紧凑, 特别是英国其他主要机场或辅助机场到达核心机场的时间相对中国减少了约0.5~1 h。根据各多机场区域赫芬达尔—赫希曼指数(HHI指数)和可售座位数对比结果, 多机场区域可分为9个类型, 对照多机场区域不同的演化阶段, 目前共有22个多机场区域发展较成熟。未来在保证多机场区域整体发展的前提下, 中国应注重其他重要机场向中间层级的辅助机场的转化进程, 提高区域内地面交通水平, 以减少机场间的到达时间, 引导区域内机场维持高水平竞争。

**关键词:**航空; 多机场区域; 空间格局; 类型划分; 一带一路

## 1 引言

自2015年中国发布了“推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路(简称‘一带一路’)的愿景与行动”以来, 中国社会经济全球化步入了新格局, 由此所带来的区域间客货流动尤其是航空运输需求的增长使得全球城市区域和多机场区域(Multi-Airport Area, MAR)的联动式发展成为中国“一带一路”对外开放时代下的显著特征(朱英明, 2003; Fuellhart et al, 2013; 蒋永雷等, 2013; Brueckner et al, 2014; 王姣娥等, 2015)。方便快捷的航空运输可以加速打破区域间的内部隔阂, 让中国各大城市更全面、更深入地融入全球产业分工, 同时城市区域的发展必然会增加该区域的交通运输需求, 所带来的机场设施建设或规模扩张也使得相邻机场间的相互依赖性和制约性越来越强。因此, 研究全球多机场区域的空间格局对促进中国多机场区域和全球城市区域的建设和发展, 支撑中国“一带一路”愿景的实施具有重要意义。

目前对多机场区域的研究主要集中在两方面:

一方面探讨多机场区域内不同因素对旅客选择机场的影响, 并衍生出对机场客源范围、市场份额等主题的研究。如Vowles(2001)以价格对多机场区域航空服务的影响为基础, 研究发现低成本航空入驻多机场区域会降低整个区域中的机场价格并吸引更多规模的客流。Pels等(2001, 2003)和Hess等(2005, 2006a, 2006b)结合同一区域内机场之间和航空企业之间的竞争, 具体分析机场特征、航班特征等因素对多机场区域内旅客机场选择行为的影响。另一方面, 随着民航运输网络结构日益复杂, 学者们通过对航线网络结构的分析来探讨多机场区域对航线网络的影响。如Bonnefoy等(2008)研究发现, 相比于单一机场为节点所形成的航空网络, 以多机场区域为节点的航班加权网络整体遵循单幂律分布, 说明多机场区域是航空运输系统能够在容量受限节点上扩展的关键。O'Connor等(2016)在总结Matisziw(2010)、Redondi等(2013)研究的基础上, 发现单一枢纽机场并不等同于其所在的多机场区域的航空市场发展, 而多机场区域会大幅度强化所在大都市区的航空市场, 甚至对城镇等级体系

收稿日期: 2017-10-16; 修订日期: 2018-05-03。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671160) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41671160]。

作者简介: 曹小曙(1970-), 男, 甘肃灵台人, 教授, 博士生导师, 主要从事地理与规划研究, E-mail: caoxsh@mail.sysu.edu.cn。

引用格式: 曹小曙, 廖望. 2018. 全球多机场区域空间格局与类型划分[J]. 地理科学进展, 37(11): 1473-1484. [Cao X S, Liao W. 2018. Spatial pattern and classification of the worldwide multi-airport regions[J]. Progress in Geography, 37(11): 1473-1484.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2018.11.004

和全球航空客流分布产生影响(Derudder et al, 2010; Takebayashi, 2012)。

相较而言,国内有关多机场区域的研究仍旧处于发展初期。主要通过案例研究总结国外多机场区域建设的先进经验和发展模式,并在此基础上对国内多机场区域的发展提出需优化机场资源、区域地面交通网络,建立协调机制等相关建议(张宁, 2007; 张越等, 2007; 陈团生, 2008; 陈兆鹏, 2012; 赵民合, 2013; 屈云茜, 2014; 张莉等, 2015)。另有交通工程类学者采用数量分析方法,以多机场区域内的居民航空出行选择为切入点研究航空客流需求分布、多机场区域内部市场竞争和机场选址等问题,或通过仿真模拟优化多机场区域内部航线及航班时刻资源,意在降低多机场区域的航班延误,提高多机场区域容量(曹学明等, 2010; 胡一竑等, 2011; 周慧艳, 2011; 夏洪山, 2012; 赵闯, 2012)。

尽管学者们在多机场区域形成和发展的理论基础建设中已取得一定成就,已发现多机场区域的发展过程中存在机场分工的问题,且在其发展过程中需对各机场的功能定位进行协调,但均停留在以定性分析为基础的层面上,缺乏对多机场区域总体发展特征的系统量化研究。本文在对多机场区域空间识别的基础上,从全球各地区多机场区域的数量、机场等级、区域内机场分布距离等方面进行分析,揭示全球多机场区域空间格局。同时通过对多机场区域规模和内部机场竞争强度的测算,划分不同类型的多机场区域。

## 2 研究区域与方法

### 2.1 研究范围与数据

本文的研究范围为全球5大洲(除南极洲),包括北非、撒哈拉以南非洲、拉丁美洲和加勒比、北美、中亚、东亚、东南亚等全球17个次区域,248个国家和地区(图1)。航空数据来源于OAG(Official Aviation Guide),包括近900家全球主要航空公司、4103个民用机场的2016年计划航班数据。

### 2.2 研究方法

本文通过合理服务半径和可售座位数占比分别划定多机场区域范围,筛选和划分内部机场,并通过对区域内各机场赫芬达尔-赫希曼指数(Herfindahl-Hirschman Indexes, 简称HHI)的测算具体识

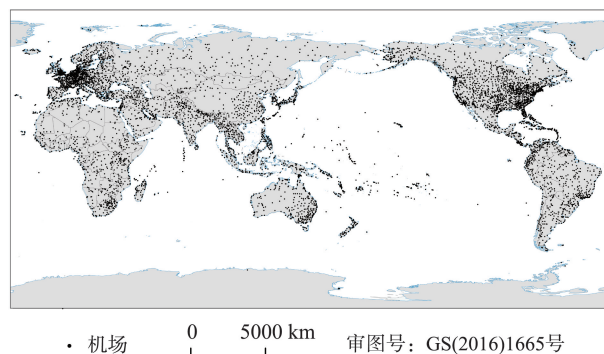


图1 研究区域与机场分布

Fig.1 The study area and spatial distribution of airports

别多机场区域类型。

#### (1) 多机场区域空间范围划定

从多机场区域形成和发展来看,单一机场可视为多机场区域的特殊形态(Bonnefoy et al, 2008),对多机场区域空间范围的划定可转化为核心机场航空运输有效服务区的界定。而对机场航空运输服务范围的界定中,不同地区的机场服务范围划定标准不一。在中国,机场周边1.5 h出行时间所覆盖的面积被民用航空局认定为可享有有效航空运输服务的范围(徐涛等, 2008)。欧盟委员会认为距离机场100 km或1 h车程时间为其最小服务范围,美国联邦航空管理局将80~120 km作为航空服务有效覆盖范围,而英国民航总局研究认为英国机场有效覆盖范围应超过2 h车程时间(Humphreys et al, 2002; Delaware Valley Regional Planning Commission, 2007; European Commission, 2013)。虽然2 h是一个合理的限制,但无论是在交通基础设施较差的偏远地区,还是在不断发展和扩大的全球城市区域,旅客受到航空基础设施条件的限制或低价格、低延误、高质量的登机服务等因素吸引,选择距离较远的机场出行的情况时常发生,机场服务范围实际上远超过2 h车程时间,对应机场市场份额满足距离衰减定律,但大型机场在2~3 h时间圈中的市场份额占比仍旧明显(Dresner et al, 1996; Lieshout et al, 2016; Sun et al, 2017)。因此,为更精确地对多机场区域进行识别,同时考虑航空自由化引导下航空服务范围的扩大化,本文以3 h车程时间来识别多机场区域的空间范围。

选取2016年OAG的计划航班信息中年可售座位数大于60万的机场作为全球航空市场提供民用航空服务的重要机场(O'Connor et al, 2016)。在此

基础上,按机场可售座位数大小降序排列所有机场,依次将排名靠前的机场作为O点,同时将排在此机场之后的所有剩余机场作为D点,依次进行循环计算。例如,首次计算中将年可售座位数量最大的机场作为O点,位列其后且可售座位数量大于60万的剩余899个机场均作为D点,在第二次计算中将年可售座位数量位列第二的机场作为O点,剩余898个机场则作为D点。通过Python2.7.13编程,并调用OpenStreet API查询OD机场之间的车程时间,一旦识别到两个机场之间的车程时间低于3 h,则将这两个机场纳入为同一个多机场区域。在此序列中,所有机场均仅归并一次,不再重复分配。

## (2) 机场等级体系识别

为具体划分各多机场区域内部机场等级,构建科学的等级体系,本文分别计算区域内各机场可售座位数的占比,并以此作为识别主要机场(primary airports)、辅助机场(secondary airports)的依据。

$$PS_{ij} = S_{ij} / \sum_{j=1}^n S_{ij} \quad (1)$$

式中:  $PS_{ij}$  为2016年多机场区域*i*中机场*j*的可售座位数所占比例,  $S_{ij}$  为多机场区域*i*中机场*j*的可售座位数,  $n$  为该多机场区域*i*内的机场总数。其中,主要机场的可售座位数占比大于或等于20%,同时占比最高的机场为核心机场。辅助机场可售座位数占比则为1%~20%之间,剩余可售座位数占比低

于1%机场为其他重要机场,以上所有类别的机场的可售座位数均需大于60万个/年。

## (3) 多机场区域类型划分

为具体分析各多机场区域内的机场竞争,区分多机场区域的不同类型,本文引入产业经济学中赫芬达尔-赫希曼指数(HHI),用它来反映多机场区域内客运市场集中度和机场间竞争强度:

$$HHI_i = \sum_j^n \left( \frac{S_{ij}}{S_i} \right)^2 \quad (2)$$

式中:  $S_i$  为多机场区域*i*的可售座位数,  $0 < HHI_i < 1$ ,  $HHI_i$  越大,表示多机场区域*i*的客运市场集中度越高,机场间的竞争程度越低,反之则说明机场竞争程度越高。

# 3 全球多机场区域空间格局

## 3.1 数量分布特征

全球共有170个多机场区域,涉及479个重要机场,提供全球约70%的可售座位。从数量上来看,除北美、南亚分别拥有35个和29个多机场区域外,拉丁美洲和加勒比、西欧、南欧、东亚、西亚、东南亚均有超过10个以上多机场区域(图2、图3)。但从多机场区域整体航空运输来看,客运市场重心仍旧集中在北美、西欧、南亚等3个次区域,2016年对

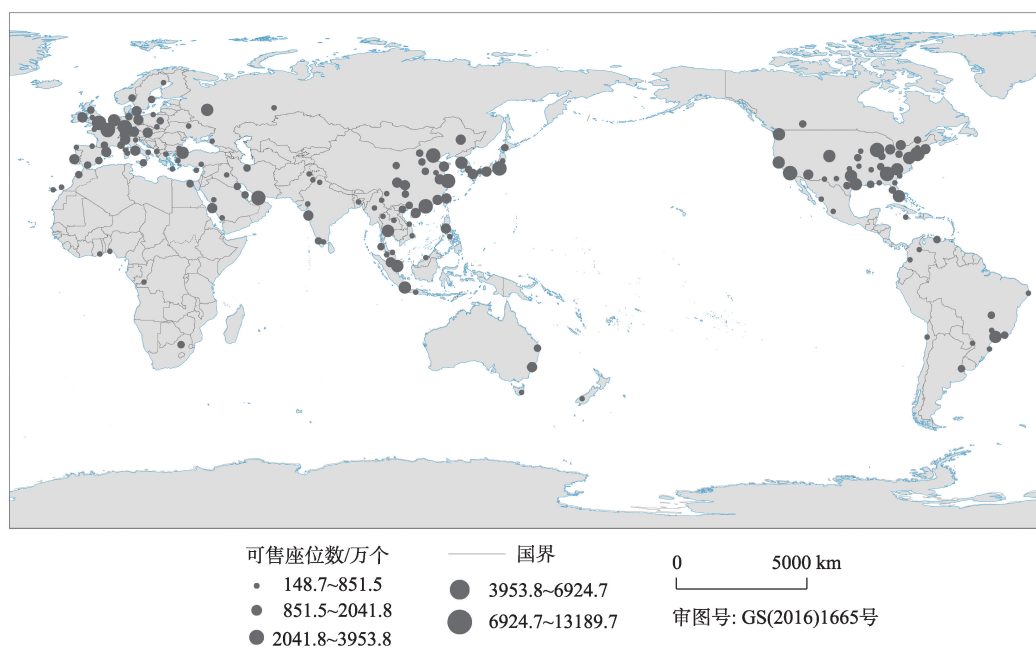


图2 2016年全球多机场区域空间分布图

Fig.2 Spatial distribution of multi-airport regions (MARs) in 2016 based on 3-hours drive distance



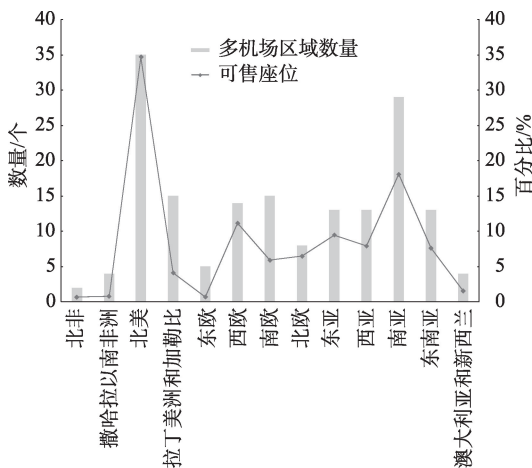


图3 2016年多机场区域数量和可售座位比重  
Fig.3 The number of multi-airport regions (MARs) in the world and available seats percentages, 2016

应提供12亿个、3.8亿个和6.2亿个可售座位,三者占比分别为34.7%、11.2%和18.1%。

从各国多机场区域的发展建设来看,除美、英、法、德、意等传统意义上的民航大国之外,亚洲的中国、日本、泰国和非洲的巴西等国均在多机场区域航空运输市场中占有重要的地位,其中位列前茅的美国和中国的首位优势明显(表1)。从多机场区域和可售座位数量来看,美国和中国分别拥有多机场区域32个和20个,对应年可提供年可售座位数量11.2亿个和6.13亿,分别占全球多机场区域可售座位数量的29.74%和16.28%,全球半数以上的多机

场区域形成于这两个国家。尽管如此,从各国多机场区域内平均机场数量来看,中美两国多机场区域平均由3个机场构成,但英国、德国等欧洲国家的多机场区域平均机场数量分别为6个、4个。同时,相比于英国、德国和阿拉伯联合酋长国,中美两国多机场区域平均可售座位数量均位居其后,这也在一定程度上说明虽然中美在基于国土、人口和经济等方面建立了整体的多机场区域发展优势,但各多机场区域间不均衡发展明显,处于起步阶段的小规模多机场区域较多。这类小规模多机场区域整体客运市场水平较低,核心机场所产生的客流“阴影”效应明显,内部机场之间缺乏有效竞争,特别是在年均可售座位量仅为0.14亿个的29个跨界多机场区域中。但不容忽视的是,20世纪70年代后全球航空自由化的推行下,例如美国-加拿大天空开发合约、欧洲国家间的《申根合约》、圣地亚哥-蒂华纳双边机场客运大楼(Cross Border Xpress)等领空开发协议和机场快速通关口岸的出现缩减了旅客通过陆路通关时长,同时受到航班班次、价格、直飞航线、飞行时间等因素的影响,进一步提高了同一服务范围内的旅客选择其他国家机场出行的可能性,不仅成为这种小规模多机场区域发展契机,也从航空旅客的角度展示了“真实”的跨境一体化(Elwakil et al, 2013; Paliska et al, 2016)。

3.2 机场等级体系特征

对比多机场区域内各等级机场发展,主要机场平均规模远大于辅助机场。全球170个多机场区域

表1 2016年多机场区域可售座位数排名前10的国家  
Tab.1 Top 10 countries of multi-airport regions (MARs)' available seats, 2016

按可售座位数排序	国家	可售座位数/万个	多机场区域数量/个	机场数量/个	区域内平均机场数量/个	多机场区域平均可售座位数/万个
1	美国	111959	32	101	3	3499
2	中国	61282	20	60	3	3064
3	英国	15981	3	19	6	5327
4	日本	15967	6	23	4	2661
5	德国	14750	4	17	4	3688
6	法国	9733	4	14	4	2433
7	意大利	9354	6	19	3	1559
8	巴西	8941	7	15	2	1277
9	泰国	8370	4	9	2	2093
10	阿拉伯联合酋长国	8336	1	4	4	8336
合计		264674	87	281	3	3042
占多机场区域比重/%		70.3	51.2	56.5	—	—
占全球航空运输比重/%		47.4	—	6.8	—	—

中共有 285 个主要机场,185 个辅助机场。其中,主要机场、辅助机场分别提供了 31.9 亿个和 5.6 亿个可售座位数,对应占全球多机场区域可售座位总数的 84.9%、14.9%(图 4)。除西欧的主要机场和辅助机场可售座位比值最小,仅为 1.3 之外,北非、撒哈拉以南非洲、南欧、西亚、东南亚、澳大利亚和新西兰等 6 个次区域中的主要机场和辅助机场可售座位比值均大于 10(图 5)。

各次区域之间的主要机场和辅助机场数量比差异较大,南欧、澳大利亚和新西兰、西亚等次区域均缺少中间层级的辅助机场。全球多机场区域主要机场和辅助机场的数量比为 1:1.5,其中南欧、西亚、澳大利亚和新西兰等 6 个次区域的主、辅机场间数量比值较大( $\geq 3$ ),东欧、拉丁美洲和加勒比次之

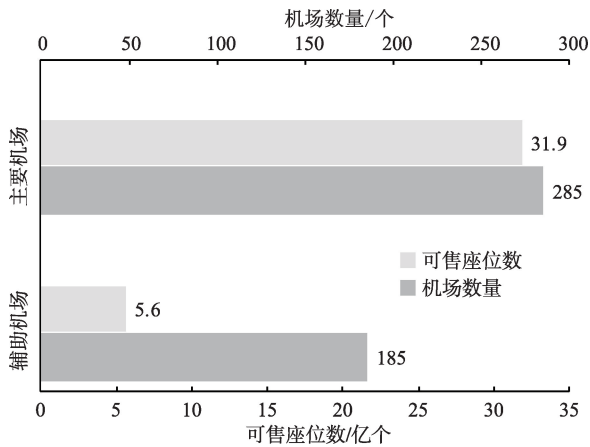


图 4 2016 年各次区域主要机场和辅助机场指标  
Fig.4 Indices of primary and secondary airports in different regions of the world, 2016

(1.5~3),北美、北欧、西欧、东亚、南亚主要机场和辅助机场数量比值低于平均比值( $<1.5$ )。

对比各多机场区域内机场数量及其等级体系,根据主要机场与非主要机场之间相互作用的主要方式,将多机场区域发展模式分为枢纽式和集群式两种,进一步细分为“一主多辅”“一主两辅”“一主一辅”和“双核”“多核”等 5 种模式(王姣娥等, 2008; 屈云茜, 2014)。在 2016 年多机场区域可售座位数排名前 10 的国家中,除德国外,其他各国集群式多机场区域数量占比均不低于 50%,其中以 2 个主要机场协同多个辅助机场的“双核”发展模式最为突出(表 2)。在枢纽式多机场区域中,英国以伦敦希思

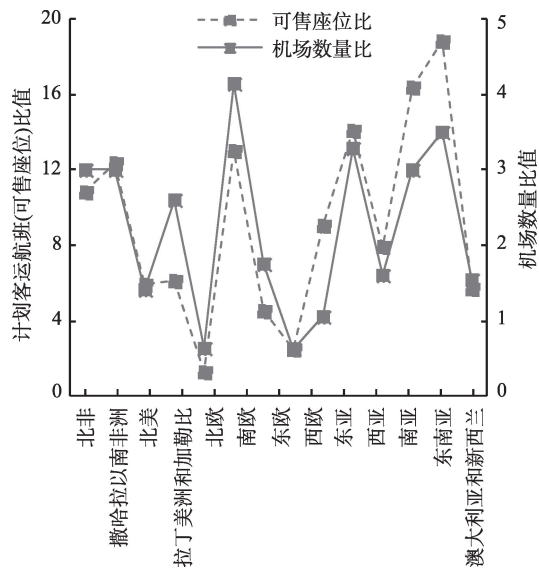


图 5 各次区域主要机场和辅助机场的指标数值比  
Fig.5 Ratios of the indices of primary and secondary airports in different regions of the world

表 2 可售座位数量排名前 10 的国家多机场区域发展模式一览表

Tab.2 Multi-airport regions (MARs)' development models of top 10 countries of available seats

指标	美国	中国	英国	日本	德国	法国	意大利	巴西	泰国	阿拉伯联合酋长国
枢纽式多机场区域数量/个	12	10	1	2	3	0	3	2	1	0
其中：										
一主多辅	5	1	1	1	1	0	2	0	0	0
一主两辅	3	4	0	0	1	0	0	1	0	0
一主一辅	4	5	0	1	1	0	1	1	1	0
非主要机场数量:主要机场数量	29:12	17:10	10:1	7:2	12:3	—	10:3	3:2	1:1	—
主要机场可售座位数所占比重/%	77.2	84.5	39.2	70.6	65.6	—	58.8	80.2	82.8	—
集群式多机场区域数量/个	20	10	2	4	1	4	3	5	3	1
其中：										
双核	16	8	1	3	1	4	3	5	2	1
多核	4	2	1	1	0	0	0	0	1	0
非主要机场数量:主要机场数量	16:44	11:22	1:5	5:9	4:2	6:8	1:6	1:10	0:7	2:2
主要机场可售座位数所占比重/%	90.6	91.6	91.5	95.0	74.7	77.3	90.7	90.5	100	92.2

罗机场为核心,伦敦卢顿机场、伯明翰机场、曼彻斯特国际机场等8大机场为辅助,形成了最为复杂的伦敦多机场区域。虽然伦敦多机场区域的非主要机场数量是主要机场数的10倍,但其所提供的可售座位数不到伦敦希思罗机场2倍,主要机场的首位优势明显。在集群式多机场区域中,除德国、法国外,各国主要机场不仅仅在数量上与非主要机场达到均衡,对应可售座位数占比超过90%。

### 3.3 机场间距离分布特征

对比各多机场区域内机场间距离,全球多机场区域中的其他主要机场、辅助机场距离核心机场的直线距离分别以150 km和200 km为最大极限,对应平均车程时间均为2 h左右。以0.5 h等时圈分析主要机场、辅助机场的数量可知(图6),仅22个其他主要机场布局在邻近核心机场1 h车程内,占比19.1%,另有超过3倍的其他主要机场布局在距离核心机场2~3 h的车程范围。同时,近70%的辅助机场整体倾向于布局在距离核心机场1.5~3 h车程范围。由此说明除了在空港基础设施较为完备的欧美,全球大部分多机场区域内其他重要机场距离核心机场的车程大于1.5 h。同时,若以核心机场的辐射半径来划定多机场区域,综合全球各地区地面交通水平,核心机场的辐射半径设定为200 km左右较为合理。

从国家尺度看,中国多机场区域布局模式与美国更为相似。中国多机场区域中其他主要机场、辅助机场距离核心机场的平均车程时间为2.1 h,美国对应的平均车程时间分别为1.9 h、1.8 h,而英国对应的平均车程时间仅为1.1 h、1.6 h(图7)。究其原因

因,可能得益于战后保留的机场设施和道路交通网络的建设,英美两国多机场区域内机场布局相对紧凑,特别是英国多机场区域内其他主要机场、辅助机场到达核心机场的时间相比中国减少约0.5~1 h。

## 4 全球多机场区域类型划分

对比各多机场区域指数与可售座位数,分别基于HHI指数、可售座位数的1/3阈值,可将整个多机场区域划分为9个类型(表3)(Hansen et al, 1995)。

如图8显示大部分多机场区域集中在“低一中”、“低一高”两个类型,占多机场区域数量的85.3%,这些多机场区域表现为小型客运规模下的中低水平竞争。整个多机场区域的客运市场仍旧表现为由单一核心机场或1~2个主要机场占据绝对优势,对应于多机场区域的5个演化阶段中的Ⅱ或Ⅲ阶段(Bonnefoy et al, 2008)。说明部分区域内虽然已经出现辅助机场或其他重要机场,但这些机场并没有成长为可与核心机场相抗衡的主要机场。因此,整个多机场区域的航空市场服务仍旧呈现出核心一边缘的状态,这也是受到当地较低的航空需求水平的影响。同样,随着地区对外航空联系和航空需求水平的提高,借助于已有的空港设施条件,这些中低水平的多机场区域能得到快速发展。

表4列出了全球170个多机场区域的划分结果,可售座位数量级别在中级以上的“中一低”、“中一中”、“中一高”、“高一低”、“高一中”、“高一高”6个类型中,除亚特兰大(Atlanta)多机场区域外,剩余

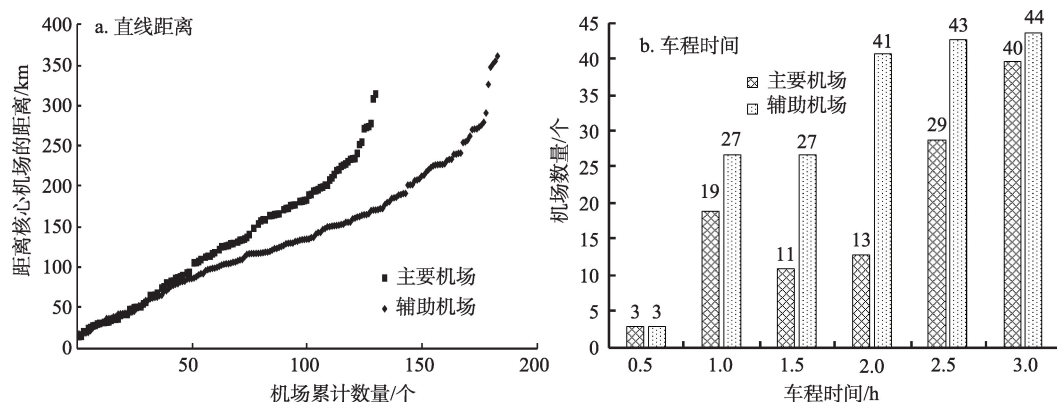


图6 多机场区域其他主要机场(辅助机场)与核心机场的距离分析

Fig.6 Distance between other primary (secondary) airports and core airports in multi-airport regions (MARs)

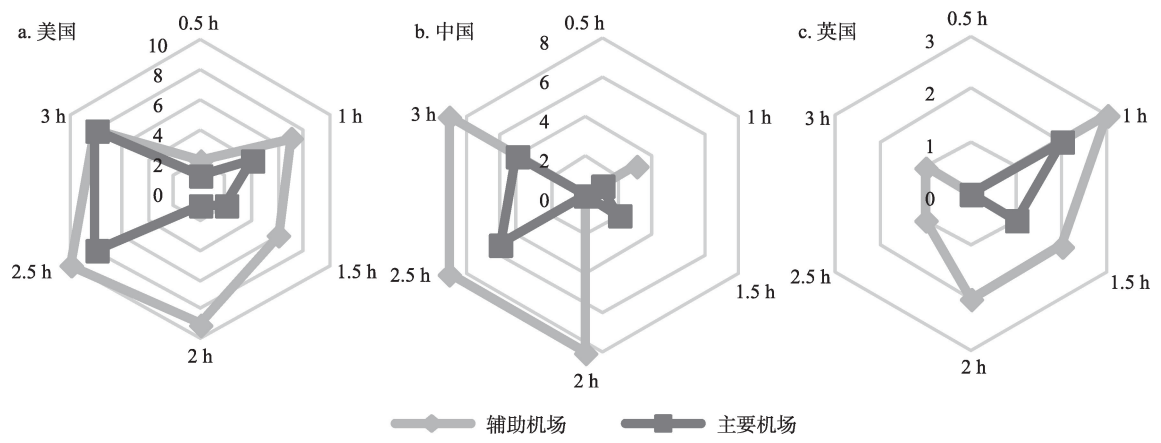


图 7 美国(a)、中国(b)和英国(c)多机场区域其他主要机场(辅助机场)与核心机场的车程时间  
Fig.7 Temporal distance between other primary (secondary) airports and core airports in the United States (a), China (b), and the UK (c)

的 22 个多机场区域中达拉斯-沃思堡(Dallas-Fort Worth)多机场区域、夏洛特-罗利-达勒姆(Charlotte-Raleigh-Durham)多机场区域、雅加达(Jakarta)多机场区域、北京(Beijing)多机场区域等 4 个多机场区域的 HHI 指数均不超过 0.75,其余的均低于 0.6。说明这些多机场区域不仅仅客运市场规模达到较高水平,区域内的非核心机场也在一定程度上能和核心机场进行竞争,可将其视为发展较成熟的多机场区域。这也从侧面证明随着全球各地区航空需求的增加,原有的单一机场航空服务模式将逐渐转化为由多个机场所组成的区域型航空服务模式,这也是推动全球航空服务可持续发展的着力点,而已经形成的多机场区域内部终将通过竞争与协调达到较高水平的动态均衡(Fasone et al, 2012)。

这种较高水平动态平衡的形成离不开非核心机场的发展,特别是辅助机场竞争力的提升(Lancaster et al, 2004; Zietsman et al, 2014)。而航空运输市场需求则是决定非核心机场发展的主要因素,与社会经济诸要素有着密切的联系。对比 IAIA(Inter-

national Air Transport Association)中国际大都市区(Metropolitan Area)名单,22 个发展较为成熟的多机场区域均拥有至少一个国际大都市区作为腹地,在这些国际大都市区足够的人口和国民经济收入下能够保证除核心机场外其他非核心机场旅客客流的生成。如图 9 所示,这些多机场区域所包含的 82 个非核心机场中约有 80%的机场原属军用机场,其中 61 个建于二战结束前,战后遗留的机场设施为多机场区域形成提供了基础,节约了机场设施建设的成本。在环境、资金、土地等各方面因素的制约下,建设成本的减少为非核心机场的快速发展提供了便利。其次,从航空运输主体来看,这些非核心机场中近半数机场的低成本航空公司所提供的可售座位数量所占比重超过 50%。航空公司作为航空运输系统的主体,决定了各机场航空运输服务的提供。低成本航空公司入驻所带来的价格优势提高了非核心机场对选择核心机场出行的旅客吸引力,

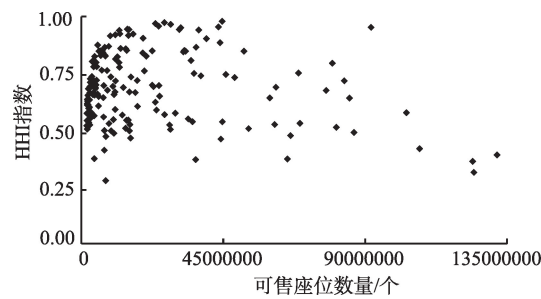


图 8 多机场区域 HHI 指数与可售座位数对比分析  
Fig.8 Herfindahl-Hirschman index (HHI) and the number of available seats of multi-airport regions (MARs)

表 3 基于可售座位数和 HHI 指数的多机场区域  
类型划分方案

Tab.3 Classification scheme for multi-airport regions (MARs) based on available seats and Herfindahl-Hirschman index (HHI)

	可售座位数 <4500 万	可售座位数为 4500 万~9000 万	可售座位数 ≥9000 万
HHI<0.33	低—低	中—低	高—低
0.33≤HHI<0.67	低—中	中—中	高—中
HHI≥0.67	低—高	中—高	高—高



表4 基于可售座位数和HHI指数的不同类别的多机场区域名单

Tab.4 Multi-airport regions (MARs) of different categories based on available seats and Herfindahl-Hirschman index(HHI)

类别	多机场区域个数	多机场区域名单
高一低	4	香港-广州-深圳(Hong Kong-Guangzhou-Shenzhen)、上海-杭州(Shanghai-Hangzhou)、伦敦(London)、纽约-纽瓦克-费城(New York-Newark-Philadelphia)
高一中	1	洛杉矶(Los Angeles)
高一高	1	亚特兰大(Atlanta)
中一低	2	法兰克福(Frankfurt)、巴尔的摩-华盛顿(Baltimore-Washington)
中一中	14	西雅图-温哥华-波特兰(Seattle-Vancouver-Portland)、北京(Beijing)、巴黎(Paris)、东京(Tokyo)、首尔(Seoul)、曼谷(Bangkok)、伊斯坦布尔(Istanbul)、迪拜-阿布扎比(Dubai-Abu Dhabi)、芝加哥(Chicago)、达拉斯-沃斯堡(Dallas-Fort Worth)、旧金山(San Francisco)、夏洛特-罗利-达勒姆(Charlotte-Raleigh-Durham)、迈阿密-劳德代尔堡(Miami-Fort Lauderdale)、休斯敦-奥斯丁(Houston-Austin)
中一高	1	雅加达(Jakarta)
低一低	2	米兰(Milano)、广岛-松山(Hiroshima-Matsuyama)
低一中	97	地拉那-普里什蒂纳(Tirana-Pristina)、布宜诺斯艾利斯(Buenos Aires)、伊瓜苏(Foz Do Iguacu)、布里斯班-戈尔德科斯特(Brisbane-Coolangatta)、霍巴特-朗斯斯顿(Hobart-Launceston)、维也纳-布达佩斯(Vienna-Budapest)、巴林-达曼(Bahrain-Dammam)、圣保罗(Sao Paulo)、里约热内卢(Rio De Janeiro)、累西腓(Recife)、弗卢里亚诺波利斯-纳韦甘蒂斯(Florianopolis-Navegantes)、里贝朗普雷图-乌贝蓝迪亚(Ribeirao Preto-Uberlandia)、米里-斯里巴加湾市(Miri-Bandar Seri Begawan)、布加斯-瓦尔纳(Bourgas-Varna)、曼德勒-良乌(Mandalay-Bagan)、蒙特利尔-渥太华(Montreal-Ottawa)、卡尔加里-艾德蒙顿(Calgary-Edmonton)、安托法加斯塔-卡拉马(Antofagasta-Calama)、厦门-福州(Xiamen-Fuzhou)、青岛(Qingdao)、南京-合肥(Nanjing-Hefei)、海口-三亚(Haikou-Sanya)、哈尔滨-长春(Harbin-Changchun)、兰州-西宁(Lanzhou-Xining)、太原-石家庄(Taiyuan-Shijiazhuang)、呼和浩特(Hohhot)、徐州-盐城(Xuzhou-Yancheng)、芒市-腾冲(Mangshi-Tengchong)、加拉加斯-卡塔赫纳(Caracas-Cartagena)、布卡拉曼加-库库塔(Bucaramanga-Cucuta)、布拉柴维尔-金萨沙(Brazzaville-Kinshasa)、拉纳卡-埃阿坎(Larnaca-Nicosia)、尼斯-马赛(Nice-Marseille)、图卢兹-波尔多(Toulouse-Bordeaux)、阿雅克肖-巴斯蒂亚(Ajaccio-Bastia)、柏林(Berlin)、阿克拉-洛美(Accra-Lome)、塞萨洛尼基-斯科普里(Thessaloniki-Skopje)、赫拉克利翁-干尼亚(Heraklion-Chania)、泽西-格恩西(Jersey-Guernsey)、库奇(Kochi)、拉合尔-查谟(Lahore-Jammu)、昌迪加尔-台拉登(Chandigarh-Dehra Dun)、马杜赖-蒂鲁吉拉伯利(Madurai-Tiruchirappalli)、日惹-三宝垄(Yogyakarta-Semarang)、德黑兰(Teheran)、巴格达-纳贾夫(Baghdad-Najaf)、都柏林(Dublin)、罗马(Rome)、卡塔尼亚-巴勒莫(Catania-Palermo)、巴里-布林迪西(Bari-Brindisi)、奥尔比亚-阿尔盖罗(Olbia-Alghero)、蒙特哥贝-金斯敦(Montego Bay-Kingston)、大阪(Osaka)、福岡(Fukuoka)、仙台-秋田-新泻(Sendai-Akita-Niigata)、乌隆-万象-孔敬(Udon Thani-Vientiane-Khon Kaen)、檳城-合艾(Penang-Hat Yai)、哥达巴鲁-瓜拉丁加奴(Kota Bahru-Kuala Terengganu)、库利阿坎-马萨特蓝(Culiacan-Mazatlan)、卡萨布兰卡-马拉喀什(Casablanca-Marrakech)、皇后镇-达尼丁(Queenstown International-Dunedin)、卡利博-伊洛伊洛(Kalibo-Iloilo)、华沙(Warsaw)、克拉科夫-弗罗茨瓦夫(Krakow-Wroclaw)、格旦斯克-加里宁格勒(Gdansk-Kaliningrad)、里斯本-波尔图(Lisbon-Porto)、莫斯科(Moscow)、克拉斯诺达尔-阿那帕(Krasnodar-Anapa)、艾卜哈-基赞(Abha-Gizan)、马拉加-塞维利亚(Malaga-Sevilla)、阿利坎特-巴伦西亚(Alicante-Valencia)、特内里费(Tenerife)、兰萨罗特-富埃特文图拉岛(Arrecife-Fuerteventura)、毕尔巴鄂-奥威多(Bilbao-Aviles)、圣地亚哥-拉科鲁尼亚(Santiago-La Coruna)、吕勒奥-于默真(Lulea-Umea)、苏黎世-日内瓦(Zurich-Geneva)、伊兹米尔-博德鲁姆(Izmir-Bodrum)、阿达那-加齐安特普(Adana-Gaziantep)、爱丁堡-格拉斯哥(Edinburgh-Glasgow)、利物浦-利兹-曼彻斯特(Liverpool-Leeds-Manchester)、底特律(Detroit)、纳什维尔(Nashville)、堪萨斯城-奥马哈(Kansas City-Omaha)、印地安那波利斯-辛辛那提(Indianapolis-Cincinnati)、匹兹堡-哥伦布(Pittsburgh-Columbus)、杰克逊维尔-好望角(Jacksonville-Savannah)、俄克拉荷马城-塔尔萨(Oklahoma City-Tulsa)、孟菲斯-小石城(Memphis-Little Rock)、查尔斯顿-默特尔比奇(Charleston-Myrtle Beach)、奥尔巴尼-锡拉库扎(Albany-Syracuse)、得梅因-锡特拉皮兹(Des Moines-Cedar Rapids)、彭萨科拉-巴拿马城(Pensacola-Panama City)、米德兰-拉伯克(Midland-Lubbock)、本顿维尔-斯普林菲尔德(Bentonville-Springfield)、芽庄-达拉(Nha Trang-Dalat)
低一高	48	悉尼(Sydney)、达卡(Dhaka)、巴西利亚(Brasilia)、多伦多(Toronto)、成都(Chengdu)、重庆(Chongqing)、郑州(Zhengzhou)、贵阳(Guiyang)、南宁(Nanning)、丽江(Lijiang)、卡利(Cali)、哥本哈根(Copenhagen)、开罗(Cairo)、慕尼黑(Munich)、汉堡(Hamburg)、孟买(Mumbai)、艾哈迈达巴德(Ahmedabad)、威尼斯(Venice)、札幌(Sapporo)、科威特(Kuwait)、吉隆坡(Kuala Lumpur)、瓜达拉哈拉(Guadalajara)、阿姆斯特丹(Amsterdam)、拉各斯(Lagos)、奥斯陆(Oslo)、伊斯兰堡-沙瓦(Islamabad-Peshawar)、马尼拉(Manila)、叶卡特琳堡(Yekaterinburg)、吉达(Jeddah)、麦迪纳(Madinah)、新加坡(Singapore)、约翰内斯堡(Johannesburg)、釜山(Busan)、巴塞罗那(Barcelona)、斯德哥尔摩(Stockholm)、台北(Taipei)、普吉-喀比(Phuket-Krabi)、清迈(Chiang Mai)、基辅(Kiev)、丹佛(Denver)、菲尼克斯(Phoenix)、波士顿(Boston)、坦帕(Tampa)、新奥尔良(New Orleans)、圣安东尼奥(San Antonio)、埃尔帕索(El Paso)、河内(Hanoi)、岘港(Da Nang)

注:以主要机场所在城市命名多机场区域。



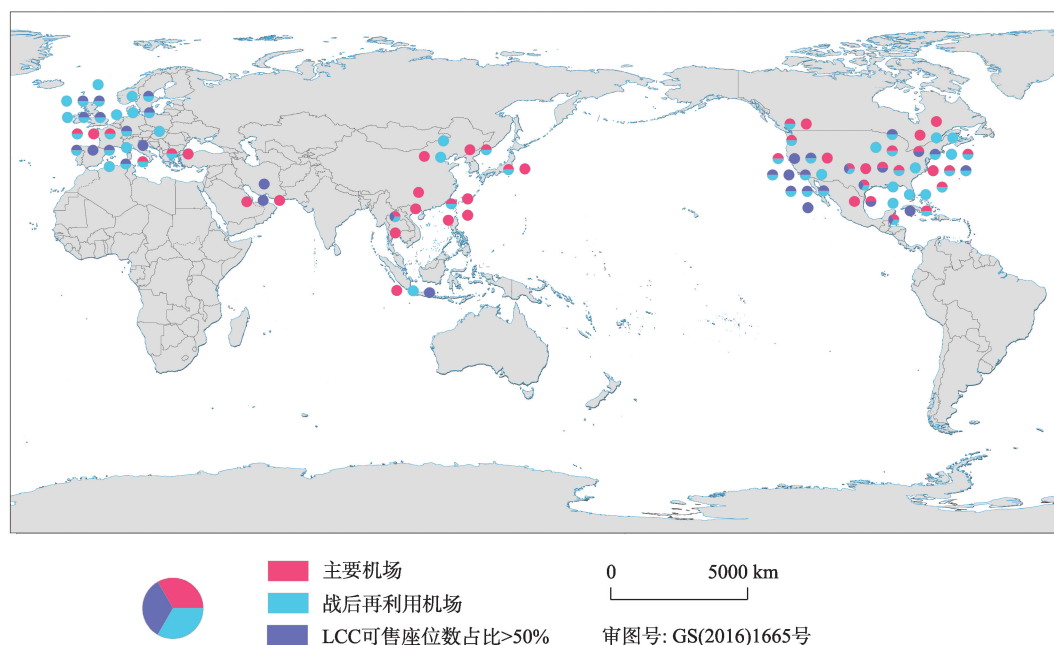


图9 全球22个发展较成熟的多机场区域基本情况

Fig.9 General information of 22 mature multi-airport regions (MARs) in the world

特别是以休闲旅游为出行目的的中低收入旅客,进一步挖掘了客运服务市场的潜在需求,为其他非核心机场的发展提供了动力。虽然各多机场区域内部机场的对外通航市场仍旧以其所属区域为主,但相比于非核心机场,特别是其他重要机场的高比重的单一次区域航空运输服务,核心机场倾向于低比重的多区域服务。核心机场扩大化的航空服务市场,会为非核心机场的差异化、专一化市场服务提供空间,使得区内机场之间合理分工和优势互补成为可能。

## 5 结论与讨论

本文采用2016年OAG的计划航班数据,重点分析了全球多机场区域的空间格局,并根据HHI指数和可售座位数对多机场区域进行类型划分,由此总结归纳发展较为成熟的多机场区域的内在特征,探讨如何促进非核心机场的快速成长,进而达到区域内机场间的高水平竞争。研究结果表明:

(1) 基于3 h车程时间识别下,全球共有170个多机场区域,涉及479个重要机场,主要分布在北美、南亚。除民航超级大国美国及传统意义上民航较为发达的欧洲国家如英、法、德、意等之外,亚洲的中国、日本、泰国、南美洲的巴西等国均占有重要

的地位。中美两国分别拥有多机场区域20个和32个,对应提供年可售座位量11.2亿个和6.13亿个,远超位居世界第3位的英国。

(2) 从机场等级体系来看,各次区域之间的主要机场和辅助机场数量比差异较大,主要机场平均规模远大于辅助机场。全球170个多机场区域中共有285个主要机场,185个辅助机场,对应占全球多机场区域可售座位总数的84.9%、14.9%。从主要机场和辅助机场的数量比来看,全球多机场区域两者的平均比例为1:1.5,南欧、澳大利亚和新西兰、西亚等次区域主要机场和辅助机场数量比值最大( $\geq 3$ ),缺少中间层级的辅助机场。

(3) 得益于战后保留的机场设施和道路交通的快速发展,英美两国多机场区域内机场布局相对紧凑,特别是英国多机场区域内其他主要机场、辅助机场到达核心机场的时间相对中国减少了约0.5~1 h。

(4) 在根据HHI指数和可售座位数对比结果所划分的9个类型中,全球多机场区域集中表现为“低—中”、“低—高”、“中—中”、“高—低”4个类型。同时,对比Bonnefoy等(2008)所提出的多机场区域演化阶段,目前共有22个多机场区域发展较成熟。这些成熟化的多机场区域均离不开非核心机场的发展,而庞大的客源市场、可利用的机场基础设施、低成本航空公司的入驻和核心机场扩大化的航空服

务市场是催化非核心机场快速发展的重要因素。

与以 de Neufville(1984, 1995)、Bonnefoy 等(2008)和 O'Connor 等(2016)为代表的学者对全球多机场区域识别的研究成果相比,本文在对多机场区域空间范围界定过程中综合考虑了不同国家或地区的社会经济发展和交通基础设施水平,更具普遍性。同时通过对发展较成熟的多机场区域分析,对非核心机场发展的影响因素进行了探讨,然而由于难以获取多机场区域每个发展阶段的数据,本文未能对多机场区域出现、形成和发展的影响因素进行系统研究,虽然基于 HHI 指数对各多机场区域内的机场竞争强度进行了初步分析,尚不能表现多机场区域内各机场间的竞争和合作关系。未来研究中可从航空市场重叠、各机场间的价格影响等方面来深入探讨多机场区域间或区域内各机场间的关系和相互影响。与此同时,跟踪多机场区域内外发展变化,深入探讨不同经济地理要素对多机场区域各阶段发展过程所产生的影响。

## 参考文献(References)

- 曹学明,王喜富. 2010. 区域多机场系统机场选址模型研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 10(1): 117-121. [Cao X M, Wang X F. 2010. Bi-level programming model for airport location in the Multi-Airport region[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 10(1): 117-121.]
- 陈团生. 2008. 多机场系统运营特征及发展策略分析[J]. 中国民用航空, (7): 59-61. [Chen T S. 2008. Analysis of multi-airport operation characteristics and development strategies[J]. Civil Aviation of China, (7): 59-61.]
- 陈兆鹏. 2012. 我国区域多机场发展的现状及对策分析[J]. 中国民用航空, (9): 22-24. [Chen Z P. 2012. Multi-airport development status in China's regions and the countermeasures[J]. China Civil Aviation, (9): 22-24.]
- 胡一竑,朱道立. 2011. 基于复杂网络和乘客选择理论的长三角机场群研究[J]. 上海管理科学, 33(3): 106-110. [Hu Y H, Zhu D L. 2011. Study on airport cluster in Yangtze River Delta based on complex networks theory and customer choice theory[J]. Shanghai Management Science, 33(3): 106-110.]
- 蒋永雷,杨忠振,王璐,等. 2013. 区域机场同质化发展特征分析:以长三角地区机场群为例[J]. 经济地理, 33(2): 122-127. [Jiang Y L, Yang Z Z, Wang L, et al. 2013. Homogenization analysis of airports in China Yangtze River Delta region[J]. Economic Geography, 33(2): 122-127.]
- 屈云茜. 2014. 我国多机场系统的内涵、分类与特性[J]. 厦门理工学院学报, 22(4): 51-56. [Qu Y Q. 2014. Connotation, classification and characteristics of multi-airport systems in China[J]. Journal of Xiamen University of Technology, 22(4): 51-56.]
- 王姣娥,莫辉辉,金凤君. 2008. 世界机场空间格局及对中国的启示[J]. 世界地理研究, 17(3): 8-18. [Wang J E, Mo H H, Jin F J. 2008. Spatial pattern of the worldwide airports and its enlightenment[J]. World Regional Studies, 17(3): 8-18.]
- 王姣娥,王涵,焦敬娟. 2015. “一带一路”与中国对外航空运输联系[J]. 地理科学进展, 34(5): 554-562. [Wang J E, Wang H, Jiao J J. 2015. China's international aviation transport to the Belt and Road Initiative area[J]. Progress in Geography, 34(5): 554-562.]
- 夏洪山. 2012. 现代航空运输管理[M]. 北京: 科学出版社. [Xia H S. 2012. Modern air transportation management [M]. Beijing, China: The Science Press.]
- 徐涛,王黎明,张大泉. 2008. 中国民用航空机场的可达性研究[J]. 地理与地理信息科学, 24(4): 88-91. [Xu T, Wang L M, Zhang D Q. 2008. Empirical study on accessibility of Chinese civil aviation airports[J]. Geography and Geo-Information Science, 24(4): 88-91.]
- 张莉,高超,胡华清. 2015. 我国三大机场群与城市群协调发展比较与建议[J]. 综合运输, (9): 4-10. [Zhang L, Gao C, Hu H Q. 2015. Comparison and suggestions on the coordinated development of three biggest airport groups and city groups of China[J]. Comprehensive Transportation, (9): 4-10.]
- 张宁. 2007. 基于交通资源优化配置的机场群整合问题[J]. 综合运输, (6): 16-20. [Zhang N. 2007. Jiyu jiaotong ziyuan youhua peizhi de jichangqun zhenghe wenti[J]. Comprehensive Transportation, (6): 16-20.]
- 张越,胡华清,赵闯. 2007. 世界主要区域多机场系统发展现状及存在的问题[J]. 中国民用航空, (7): 48-50. [Zhang Y, Hu H Q, Zhao C. 2007. Development and problems of world major Multi Airport systems[J]. Civil Aviation of China, (7): 48-50.]
- 赵闯. 2012. 区域多机场系统规划模型与方法研究[J]. 交通运输工程与信息学报, (3): 38-43. [Zhao C. 2012. Research on the model and method of regional multi-airport system planning[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, (3): 38-43.]

- 赵民合. 2013. 我国城市多机场体系规划及发展模式分析[J]. 综合运输, (8): 25-28. [Zhao M H. 2013. Woguo cheng-shi duojichang tixi gui-hua ji fazhan moshi fenxi[J]. Comprehensive Transportation, (8): 25-28.]
- 周慧艳, 石丽娜, 张旭, 等. 2011. 我国区域多机场复合系统协调发展研究[J]. 南京航空航天大学学报: 社会科学版, 13(2): 48-52. [Zhou H Y, Shi L N, Zhang X, et al. 2011. On coordinated development of China's regional multi-airport compound system[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics: Social Science, 13(2): 48-52.]
- 朱英明. 2003. 中国城市密集区航空运输联系研究[J]. 人文地理, 18(5): 22-25. [Zhu Y M. 2003. The study of air transportation links among urban compact district of Huninghang[J]. Human Geography, 18(5): 22-25.]
- Bonnefoy P A, Hansman R J. 2008. Scalability of the air transportation system and development of multi-airport systems: A worldwide perspective[R]. Massachusetts Institute of Technology.
- Brueckner J K, Lee D, Singer E. 2014. City-pairs versus airport-pairs: A market-definition methodology for the airline industry[J]. Review of Industrial Organization, 44(1): 1-25.
- de Neufville R. 1984. Planning for multiple airports in a metropolitan region[J]. Built Environment (special issue), 10(3): 159-167.
- de Neufville R. 1995. Management of multi-airport systems: A development strategy[J]. Journal of Air Transport Management, 2(2): 99-110.
- Delaware Valley Regional Planning Commission. 2007. FAA regional air service demand study. Task B: Forecast of passengers, operations and other activities[R]. The Federal Aviation Administration.
- Dresner M, Lin J S C, Windle R. 1996. The impact of low-cost carriers on airport and route competition[J]. Journal of Transport Economics and Policy, 30(3): 309-328.
- Elwakil O S, Windle R J, Dresner M E. 2013. Transborder demand leakage and the US-Canadian air passenger market [J]. Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review, 57(9): 45-57.
- European Commission. 2013. Case No COMP/M.6663- Ryanair/Aer Lingus III[R/OL]. 2013-02-27 [2018-05-03]. [http://ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case\\_details.cfm?proc\\_code=2\\_M\\_6663](http://ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case_details.cfm?proc_code=2_M_6663).
- Fuellhart K, O'Connor K, Woltemade C. 2013. Route-level passenger variation within three multi-airport regions in the USA[J]. Journal of Transport Geography, 31(7): 171-180.
- Hansen M, Weidner T. 1995. Multiple airport systems in the United States: Current status and future prospects[C]//Transportation Research Record. Washington, D C: Transportation Research Board: 8-17.
- Hess S, Polak J W. 2005. Mixed logit modelling of airport choice in multi-airport regions[J]. Journal of Air Transport Management, 11(2): 59-68.
- Hess S, Polak J W. 2006a. Airport airline and access mode choice in the San Francisco Bay area[J]. Papers in Regional Science, 85(4): 543-567.
- Hess S, Polak J W. 2006b. Exploring the potential for cross-nesting structures in airport-choice analysis: A case study of the Greater London area[J]. Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review, 42(2): 63-81.
- Lancaster J L, Narayana S, Wenzel D et al. 2004. Emergence and impact of secondary airports in the United States[J]. Secondary Airports Air Traffic Management Air Transportation, 22(4): 329-40.
- Lieshout R, Malighetti P, Redondi R, et al. 2016. The competitive landscape of air transport in Europe[J]. Journal of Transport Geography, 50: 68-82.
- Matisziw T C, Grubestic T H. 2010. Evaluating locational accessibility to the US air transportation system[J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 44(9): 710-722.
- Mun S, Teraji Y. 2012. The organisation of multiple airports in a metropolitan area[J]. Journal of Transport Economics & Policy, 46(2): 221 - 237.
- O'Connor K, Fuellhart K. 2016. Airports and regional air transport markets: A new perspective[J]. Journal of Transport Geography, 53: 78-82.
- Paliska D, Drobne S, Borruso G, et al. 2016. Passengers' airport choice and airports' catchment area analysis in cross-border Upper Adriatic multi-airport region[J]. Journal of Air Transport Management, 57: 143-154.
- Pels E, Nijkamp P, Rietveld P. 2001. Airport and airline choice in a multiple airport region: An empirical analysis for the San Francisco Bay Area[J]. Regional Studies, 35(1): 1-9.
- Pels E, Nijkamp P, Rietveld P. 2003. Access to and competition between airports: A case study for the San Francisco Bay area[J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 37(1): 71-83.
- Redondi R, Malighetti P, Paleari S. 2013. European connectivity: The role played by small airports[J]. Journal of Transport Geography, 29(2): 86-94.



- Sun X, Wandelt S, Hansen M, et al. 2017. Multiple airport regions based on inter-airport temporal distances[J]. *Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review*, 101: 84-98.
- Takebayashi M. 2012. Managing the multiple airport system by coordinating short/long-haul flights[J]. *Journal of Air Transport Management*, 22(4): 16-20.
- Vowles T M. 2001. The "Southwest Effect" in multi-airport regions[J]. *Journal of Air Transport Management*, 7(4): 251-258.
- Zietsman D, Vanderschuren M. 2014. Analytic hierarchy process assessment for potential multi-airport systems: The case of Cape Town[J]. *Journal of Air Transport Management*, 36(4): 41-49.

## Spatial pattern and classification of the worldwide multi-airport regions

CAO Xiaoshu, LIAO Wang

(School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** This article employs the OAG (Official Airline Guide) flight schedule data of 2016 to analyze the spatial pattern and classification of multi-airport regions. The results indicate that: besides European countries and the United States, China, Japan, Thailand, and Brazil occupies important positions in the construction of multi-airport regions in the world. Multi-airport regions in Southern Europe, Australia, New Zealand, and West Asia are polarized and lack of secondary airports. The layout of airports in the multi-airport regions of the UK and the United States are more compacted, and people can spend 0.5~1 hour less when driving from the British other primary or secondary airports to the core airport compared with China. Multi-airport regions can be divided into nine categories according to available seats and the Herfindahl- Hirschman indexes (HHI), corresponding to different evolution stages of multi-airport regions. Globally, 22 multi-airport regions have developed into a relatively mature stage. In the future, under the premise of ensuring the overall development of multi-airport regions, China should pay attention to the transformation process of other important airports to secondary airports, improve the ground traffic level in the regions to reduce the access time between airports, and guide a high level competition between airports.

**Key words:** aviation; multi-airport region; spatial pattern; classification; the Belt and Road Initiative