

春秋航空公司网络空间结构与变化

金娅婧, 车天培, 林涛*

上海师范大学环境与地理科学学院, 上海

收稿日期: 2021年9月25日; 录用日期: 2021年11月16日; 发布日期: 2021年11月24日

摘要

基于2015年和2019年全国航班时刻表的国内航班数据及飞常准大数据平台, 分析春秋航空的通航城市、航线的网络及其空间结构。结果表明, 春秋航空通航机场主要聚集于东部地带、华东机场群, 五年来, 通航城市“东多西少、南多北少”的整体格局变化不大, 航线航班的空间布局以上海为中心的集聚程度降低; 通航机场数量、航线数量呈现增长态势, 并以上海为中心向全国辐射, 在石家庄、沈阳、扬州等地向周围散射的格局; 航距明显变长, 但平均通航航距有所减少。

关键词

春秋航空, 空间结构, 网络变化

Network Spatial Structure and Change of Spring Airlines

Yajing Jin, Tianpei Che, Tao Lin*

School of Environmental and Geographical Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai

Received: Sep. 25th, 2021; accepted: Nov. 16th, 2021; published: Nov. 24th, 2021

Abstract

Based on the domestic flights from national flight schedules and VariFlight's big data platform of 2015 and 2019, this paper analyzes the navigable city, route network and spatial structure of Spring Airlines. It concludes that the navigable airports of Spring Airlines are mainly concentrated in the eastern region and the eastern China airfield complex. In the past five years, there is little changes in the overall pattern that is much more in the east and less in the west, much more in the south and less in the north. The spatial distribution of air routes and flights with Shanghai as the center is less concentrated. The number of navigable airports and air routes shows an increasing

*通讯作者。

trend, and radiates to the whole country with Shanghai as the center, scattering around Shijiazhuang, Shenyang, Yangzhou and other places; the cruising distance is obviously longer, but the average cruising distance is reduced.

Keywords

Spring Airlines, Spatial Structure, Network Change

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

航空市场需求旺盛、潜力巨大，全球城市之间已经形成了错综复杂的航空网络。对于航空运输企业的现有研究主要聚焦于航司的航线网络空间格局与演化，切入点为通航城市、航线、航班频率及客流量等，其中“轴-辐”网络[1]-[6]、复杂网络理论[7] [8] [9] [10]成为研究的热点，国内相关研究又集中在三大国有航空公司[11] [12] [13]，未见或少见其他规模较小的或民营航空公司航线网络空间研究。

2004年成立于上海的春秋航空公司是首个中国民营资本独资经营的低成本航空公司，近年来成长迅速，在我国41家境内航司(不含中国香港、澳门和台湾地区)2019年年度实际执飞量中，春秋航空从2018年的第十位上升至第九位，稳居十大主要航司，且春秋航空以12.75%总航班量增速情况位居首位，以国内航班量增长最多，同比增加10.76% [14]。

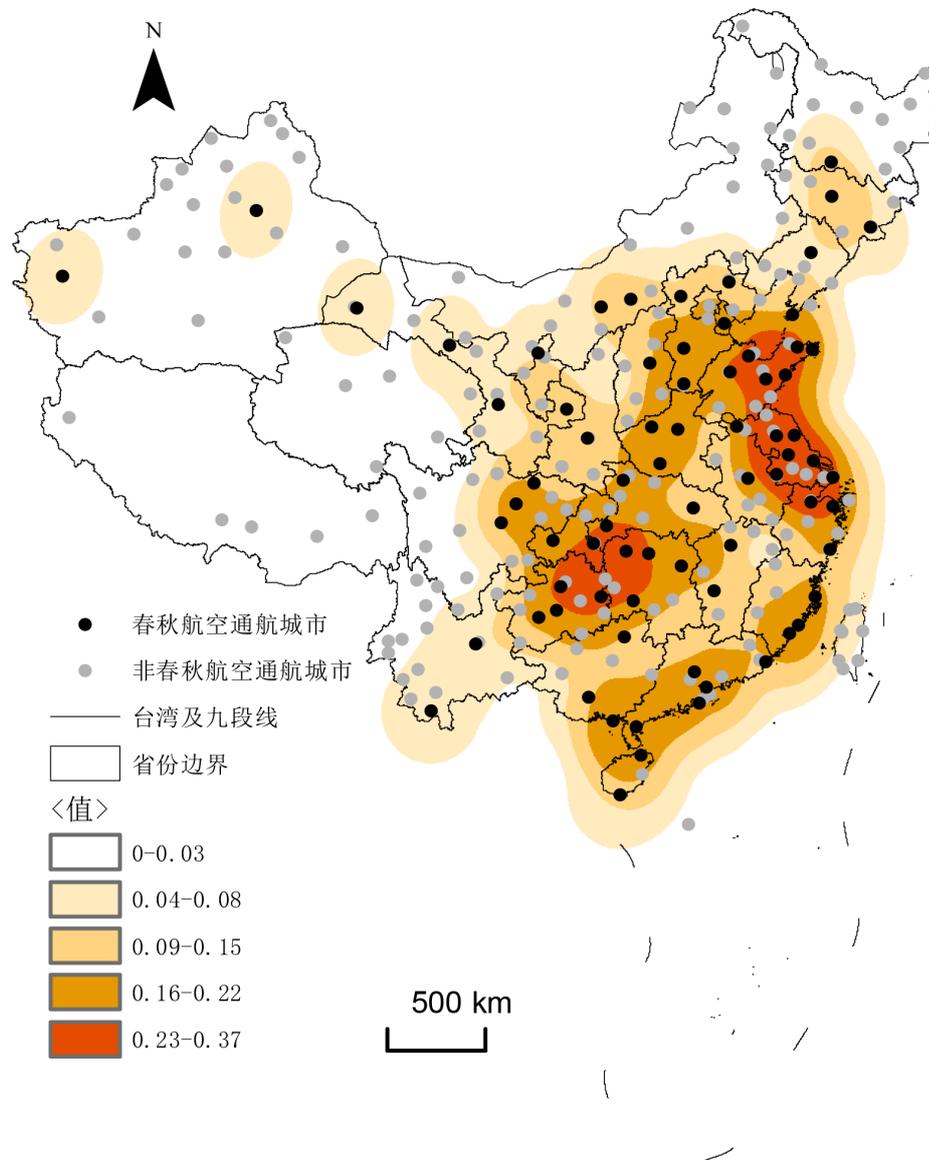
本文基于2015年和2019年全国航班时刻表的国内航班数据及飞常准大数据平台。以通航城市为节点，对拥有两个及以上机场的城市数据进行合并。如将重庆江北机场和万州五桥机场的航线、航班和吞吐量数据进行合并。这样，2015年共获得全国64个通航城市，2019年共获得全国73个通航城市。对于航线网络，将国内直飞航线与经停机场的航线合并，将经停航线分解为出港城市-经停城市和经停城市-到港城市两条，对航线网络进行叠加和删除重复航线后，2015年春秋航空获得全国共193条航线，2019年获得全国共243条航线。

2. 春秋航空通航城市及其网络格局变化

2.1. 通航城市

根据春秋航空通航城市的核密度估计(图1)。截止2019年，春秋航空共通航73个城市。在三大地带中，东部地区包含京津冀、长江三角洲、珠江三角洲经济区，经济活动频繁，机场布局密集，拥有35个通航城市，占总通航城市的48.0%。中部地区通航城市占总通航城市的30.1%。西部地区通航城市占总通航城市的21.9%。从机场群看，华东机场群通航城市位列第一，共22个城市，占地区机场通航数量的44.90%。其次是中南机场群，共21个城市，占地区机场通航数量的53.8%。北方机场群、华东机场群、西北机场群分别为13、10、8个，分别占地区通航数量的24.07%、19.23%、16%。从省区分析，共通航25个省区，以江苏和山东通航城市最多，达到6个，而在四大直辖市中，除北京市外，皆设有通航机场。

根据2019年春秋航空在各城市的通航情况，划分为5个等级(表1)。通航率一级的省区包括上海、天津，通航率达到100%。通航率不足10%的城市为新疆和黑龙江，其中黑龙江是通航率最低的城市。通航率第五层级的城市最多，华东、华北、中南地区的城市通航率较高。



数据来源：飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

Figure 1. Nuclear density estimation of Spring Airlines traffic cities in 2019

图 1. 2019 年春秋航空通航城市的核密度估计

Table 1. Navigation level of Spring Airlines in all provinces in 2019

表 1. 2019 年春秋航空在城市通航率分段

通航级别	通航率(%)	数量(个)	通航城市
一级	100	2	上海、天津
二级	80~99	0	-
三级	60~79	7	山东、河北、湖南、河南、江苏、广东、海南
四级	40~59	5	广西、福建、甘肃、湖北、重庆
五级	20~39	9	四川、安徽、陕西、江西、辽宁、吉林、浙江、贵州、宁夏

数据来源：飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

2.2. 通航城市空间格局变化

2015 年与 2019 年相比,春秋航空增加 14 个机场,减少 5 个机场,即从 2015 年的 64 个全国通航城市增加到 2019 年的 73 个全国通航城市,通航城市网络东部发展趋势明显。从东、中、西三大地带分析,相较于 2015 年,2019 年春秋航空在东部、中、西通航城市分别增加 5 个、6 个和 3 个。在减少情况中,春秋航空在中部地区较 2015 年减少了 2 个,西部、东部各减少 1 个,东部增长更明显。“东多西少、南多北少”的整体格局变化不大。2015 年,春秋航空在华东机场群和中南机场群通航机场数量最多;2019 年,春秋航空五大机场群通航机场数量都有所增加,其中华东机场群通航机场数量超过了中南机场群,位列第一。从省区分析,2015 年春秋航空通航省区市情况与 2019 年相同,通航城市略有变化,广东代替山东位列第二,江苏通航城市依旧位列第一。2015 年,春秋航空在四大直辖市中,除北京外,皆设有通航机场。2019 年较 2015 年,一线城市通航数量下降,而二三四线城市通航数量增加明显,增量分别达到约 77%、63%、77%,五线城市数量保持不变。春秋航空通航城市的布局向城市等级较低的城市倾斜。随着经济水平的提高,航空出行需求大量增加,春秋航空作为低成本航空,其低廉的航班价格在等级较低的城市市场更有优势。

3. 春秋航空航线网络及其变化

3.1. 航线网络

春秋航空的航线在华东、中南、华北、西北地区都有分布。春秋航空总部位于上海,在上海虹桥机场、上海浦东机场、石家庄正定机场、沈阳桃仙机场、扬州泰州国际机场等机场设有基地。因此春秋航线以上海为中心向全国辐射,在石家庄、沈阳、扬州等地向周围散射。2019 年,春秋航空在全国各大省市中,以上海拥有的航线数量最多,达到 55 条航线,占春秋航空通航省份航线总量的 11.32%。广东拥有的航线数量位居第二,达 11.11%。第三位到第五位,分别是河北、江苏、浙江,分别占春秋航空通航省份的 9.88%、8.02%、7.82%。总体看,2019 年,春秋航空航线空间分布集中度较强,前 10 位省份航线总数为 336 条,占春秋航空航线总量的 69.14%。在空间上,呈现以华东地区的上海和中南地区的广东为核心的轴—辐网络结构,北方地区以河北为区域中心、华东地区以江苏、浙江为区域副中心(表 2)。

Table 2. The route concentration degree distribution of the top 10 provinces and cities of Spring Airlines in 2015 and 2019
表 2. 2015 与 2019 年春秋航空前十位省市的航线集中度分布

排序	2015 年			2019 年		
	省市	航线(条)	占春秋航空通航省份的比重(%)	省市	航线(条)	占春秋航空通航省份的比重(%)
1	上海	52	13.47%	上海	55	11.32%
2	广东	42	10.88%	广东	54	11.11%
3	辽宁	30	7.77%	河北	48	9.88%
4	河北	29	7.51%	江苏	39	8.02%
5	江苏	21	5.44%	浙江	38	7.82%
6	湖南	17	4.40%	辽宁	27	5.56%
7	云南	16	4.15%	甘肃	25	5.14%
8	福建	14	3.63%	广西	18	3.70%
9	吉林	14	3.63%	福建	17	3.50%
10	天津	13	3.37%	湖南	15	3.09%

数据来源: 飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

与 2015 年春秋航空省份的航线分布相比, 2019 年, 春秋航空在上海和广州的航线数量依旧占比最多, 位序相同。2015 年, 春秋航空航线前十位的省份中云南、吉林、天津分别位列第七、第九、第十位。到 2019 年, 分别被位列第五、第七、第八的浙江、甘肃、广西所替代。从空间格局看, 航线网络整体上有向东南地区偏移的趋势。广西代替云南成为区域主要通航省份; 吉林和天津所处的北方机场群, 航线更集中于河北、辽宁; 浙江上升势头强劲, 更加剧了长三角区域的航线集中度。

3.2. 航线分布

2015 年, 春秋航空航班主要分布于华东地区 - 北方、华东地区 - 中南和华东机场群内部, 占全国总航班量的 38.34%。2019 年, 整体上机场群间的航班总量明显增加。其中华东 - 中南机场群, 往返航线增加 22 条; 其次是华东 - 北方机场群, 往返航线数量增加 13 条, 以上两条航线依旧保持春秋航空航线通航机场群第一、第二位的位序。此外, 华东 - 西北、中南 - 西北、华东 - 西南往返航线数量也都呈现较为明显的增长。从区域上看, 除华东机场群以外的其他四大机场群都呈现不同程度的航线数量下降, 下降最多的是北方机场群, 除内部航线下降幅度最大外, 其与西南航线数量也有所下降。其次, 中南机场群内部减少 4 条航线。西南机场群和西北机场群内部各自分别减少 2 条航线。而华东地区内部线路以及与其他四大区的往返线路全部呈现增长, 共增加 53 条线路, 占总增加航线数量的 56.38% (表 3)。由此可见, 五年间, 春秋航空航线网络明显向华东地区集聚, 形成了以华东为核心, 向其他四区辐射的形态。

Table 3. Spatial distribution of five airport groups (regions) in Spring Airlines routes

表 3. 春秋航空航线五大机场群(区)空间分布

往返航线	2015		2019			变化量
	班次	位序	往返航线	班次	位序	
华东 - 华东	21	3	华东 - 华东	24	3	3
华东 - 北方	29	1	华东 - 北方	42	2	13
华东 - 中南	24	2	华东 - 中南	46	1	22
华东 - 西南	8	10	华东 - 西南	15	6	7
华东 - 西北	15	6	华东 - 西北	23	4	8
北方 - 北方	21	3	北方 - 北方	15	6	-6
北方 - 中南	18	5	北方 - 中南	21	5	3
北方 - 西南	12	8	北方 - 西南	9	10	-3
北方 - 西北	3	13	北方 - 西北	6	12	3
中南 - 中南	15	6	中南 - 中南	11	9	-4
中南 - 西南	10	9	中南 - 西南	10	8	0
中南 - 西北	1	14	中南 - 西北	9	10	8
西南 - 西南	8	10	西南 - 西南	6	12	-2
西南 - 西北	1	14	西南 - 西北	1	15	0
西北 - 西北	7	12	西北 - 西北	5	14	-2

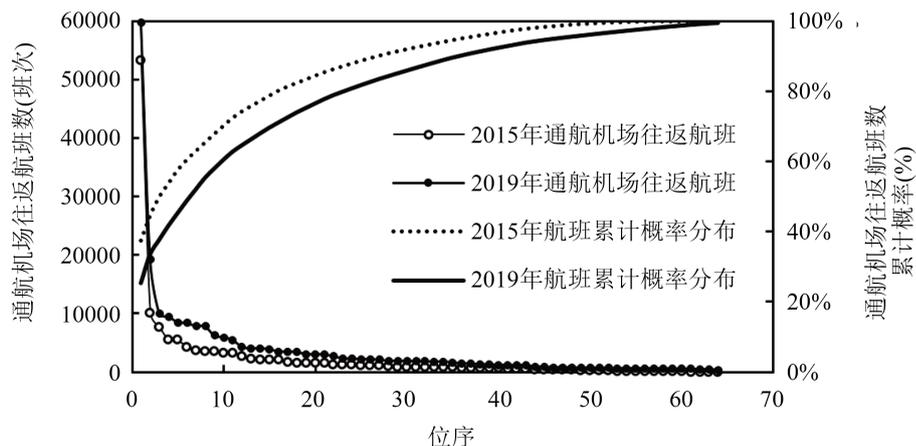
数据来源: 飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

从影响航线网络变化的因素上看, 增加和减少航线导致春秋航空通航航线航距发生变化。其中, 2019 年与 2015 年相比, 远程航线数量发生变化, 减少 11 条航线, 增加 12 条航线, 净增加 1 条航线。减少航线对短程航线比重造成影响, 2019 年与 2015 年相比, 减少 35 条航线, 增加 13 条航线, 净减少 22 条航

线。而通航机场数量的变化对其影响较小, 2015 年与 2019 年相比, 通航城市的减少导致 8 条航线减少, 对航线数量的影响较小, 仅占 8.89%。在增加的航线中, 通航机场增加导致 26 条航线的增加, 占总增加航线数量的 18.57%。因此, 通航机场数量增减对航线变化影响不大。从航距分析, 小于 500 km 和大于 2000 km 的航线航距在减少航线中分别占据 38.89% 和 12.22%, 均值为 942.07 km, 远小于 2019 年的航线的平均航距。同样航线距离, 在增加航线中分别占据 9.29% 和 8.57%, 均值为 1233.9 km, 远大于 2015 年的航线的平均航距。因此, 航距偏短的航线数量下降明显, 而航距偏长的航线数量增长幅度不大, 进一步促进了平均航距的增加。

3.3. 航班空间分布

整体上看, 2015 年春秋航空通航城市的起落航班为 142,641 架次, 2019 年起落航班与之相比, 增长了 66.39%, 达到 237,336 架次。从通航城市平均航班量看, 增长幅度同样偏大, 由 2015 年的平均 5094.32 架次增长到 2019 年的平均 8476.29 架次。从航班的位序 - 规模分布分析, 呈现出幂指数分布特征, 即航班主要集中在上海, 但集中程度下降(图 2)。2019 年较 2015 年, 前 10 位通航城市的航班起落架次从 70.11% 下降至 60.39%。上海、石家庄、深圳分别为列前 3 位, 这三个城市的航班起落架次由总量的 49.81% 下降至 37.59%, 下降了超过 12 个百分点。值得注意的是, 上海作为首位城市, 占总量的百分比较高。但航班的首位度明显下降, 由 2015 年的 5.28 下降至 2019 年的 3.10。枢纽城市依旧保持不变, 位序相同, 为上海、石家庄、深圳。在后 7 位的城市中, 重庆、昆明、西安、杭州的地位明显下降, 而宁波、扬州、兰州、揭阳的地位明显提升。因此, 春秋航空通航城市的平均航班量呈现出增长趋势, 但集聚程度下降, 空间分布更为均匀(表 4)。



数据来源: 飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

Figure 2. Order scale and cumulative probability distribution of flight scale in navigable cities

图 2. 通航城市航班规模位序规模及累计概率分布

影响航班量的变化的因素在于通航城市航班数量的变化。2015 年较 2019 年, 通航城市航班起落架次共增加 94695 架次。剖析航班架次增加的原因, 9.52% 是由于增加通航城市导致的, 1.84% 是由于减少通航城市导致的, 其主要归结于原有通航城市航线发生变化。

具体分析发现, 宁波、石家庄、扬州、上海、兰州、揭阳等城市航班量增加明显, 增加航班量在 4000 架次以上, 其中上海、石家庄(2011 年)、扬州(2019 年)是春秋航空主要运营基地城市, 航班量明显增加。而航班增量排名第一的宁波则是由于 2017 年春秋航空正式在宁波, 投放驻场飞机, 设立宁波过夜基地,

航班量明显增加。2015 年和 2019 年共有通航城市覆盖增加航班前 10 位。在航班量减少的城市中，内蒙古减少架次最多，达到 1166 架次。长沙、柳州、常州航班减少量位居次席，减少航班数量达到 200 架次以上，昆明、武汉、张家界、三亚等城市，航班量呈现不同程度的下降，幅度在 7 架次以上。在减少航班前 10 位城市中，辽通、柳州、常州和满洲里等四个机场不是 2015 年和 2019 年共有通航机场。

Table 4. The number and proportion of flights in the top 10 cities of Spring Airlines in 2015 and 2019
表 4. 2015 和 2019 年春秋航空前 10 位城市航班数量及比例

排 序	2015			2019		
	城市	航班量(架次)	占春秋航空航班量的 比重(%)	城市	航班量(架次)	占春秋航空航班量的 比重(%)
1	上海	53294	37.36%	上海	59872	25.23%
2	石家庄	10097	7.08%	石家庄	19321	8.14%
3	深圳	7660	5.37%	深圳	10013	4.22%
4	沈阳	5508	3.86%	宁波	9489	4.00%
5	厦门	5438	3.81%	扬州	8489	3.58%
6	重庆	4185	2.93%	沈阳	8382	3.53%
7	昆明	3601	2.52%	兰州	7816	3.29%
8	西安	3479	2.44%	广州	7812	3.29%
9	广州	3457	2.42%	揭阳	6215	2.62%
10	杭州	3280	2.30%	厦门	5924	2.50%

数据来源：飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

空间分布上，以上海为中心的态势更加明显。2015 年，在五大区通航城市平均通航航班中，北方机场群和华东机场群，分别位列第一、第二，平均通航航班达到 2348.33 和 2228.77 架次，而 2019 年，华东机场群地位上升，位列第一，北方机场群位列第二。华东机场群平均通航航班架次与通航机场的数量相同，均位于首位。同时，北方机场群发展稳定，通航城市数量和平均通航航班数量呈正相关增长。

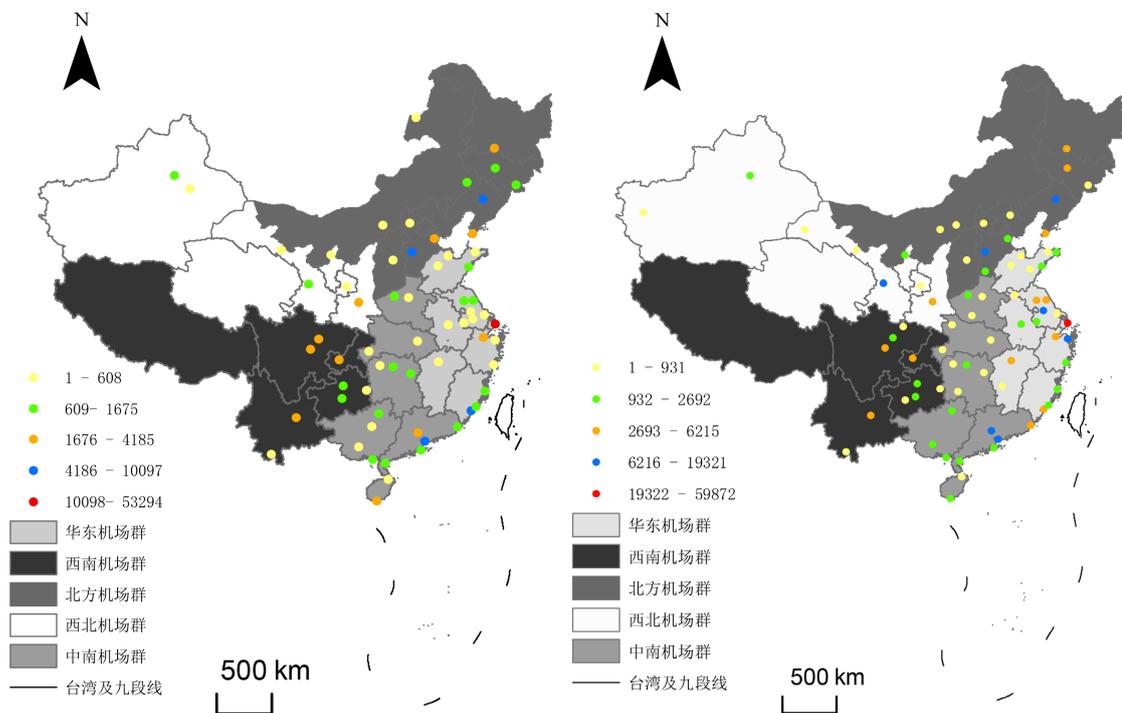
2015 年，华东机场群通航城市航班总量约占总航班量的 48.75%，成为五大区航班起落架次最多的地区；北方和中南机场群分别以 19.76% 和 16.00% 分列二、三位；西南和西北机场群航班分布最少，分别占总量的 10.51% 和 4.98%。2019 年相较于 2015 年略有变动，华东机场群占比降低约两个百分点，依旧位居第一；北方和中南机场群变化幅度不同；西南机场群占总量的比重略微下降，而西北机场群比重增加。

从通航机场城市的空间分布上看 2015 年和 2019 年航班分布(图 3)。在华东机场群中，明显集中在上海，2019 年上海浦东国际机场起落航班 35086 架次，占总量的 15%，上海虹桥机场起落航班 24786 架次，占总量的 10%；在北方机场群中，以石家庄和沈阳为主；在中南机场群中，以深圳和广州为主；在西南机场中，以重庆和昆明为主；在西北机场群中，以西安和以兰州为主，但位序有所变化。

4. 春秋航空网络结构

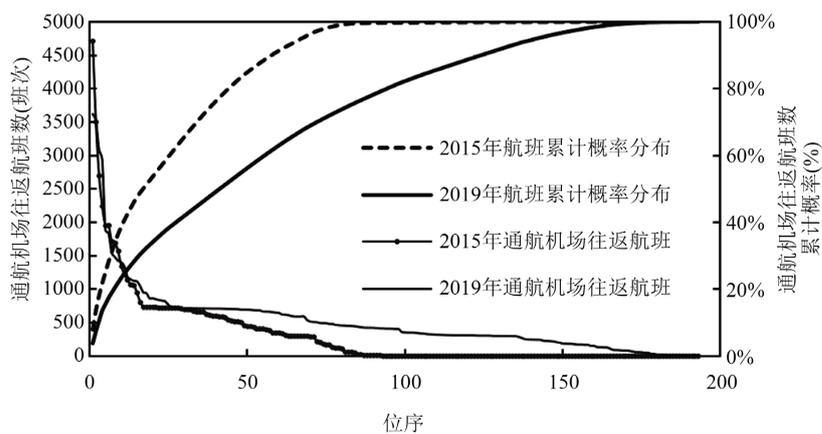
从航线航班的位序 - 规模来看，呈现出幂指数分布特征。2015 年和 2019 年，同样以占据 50% 的航班为界限，航线占有情况明显高于通航城市，且相差接近一倍(图 4)。据此，春秋航空呈现航空网络“轴 - 辐”和“点 - 点”模式并存的网络结构。

虽然 2019 年较 2015 年航线集中程度下降，但城市航班的聚集程度超过航线航班。



数据来源：飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

Figure 3. Spatial distribution of round-trip flights of aviation airports of Spring Airlines in 2015 and 2019
图 3. 2015 年和 2019 年春秋航空通航机场往返航班架次空间分布

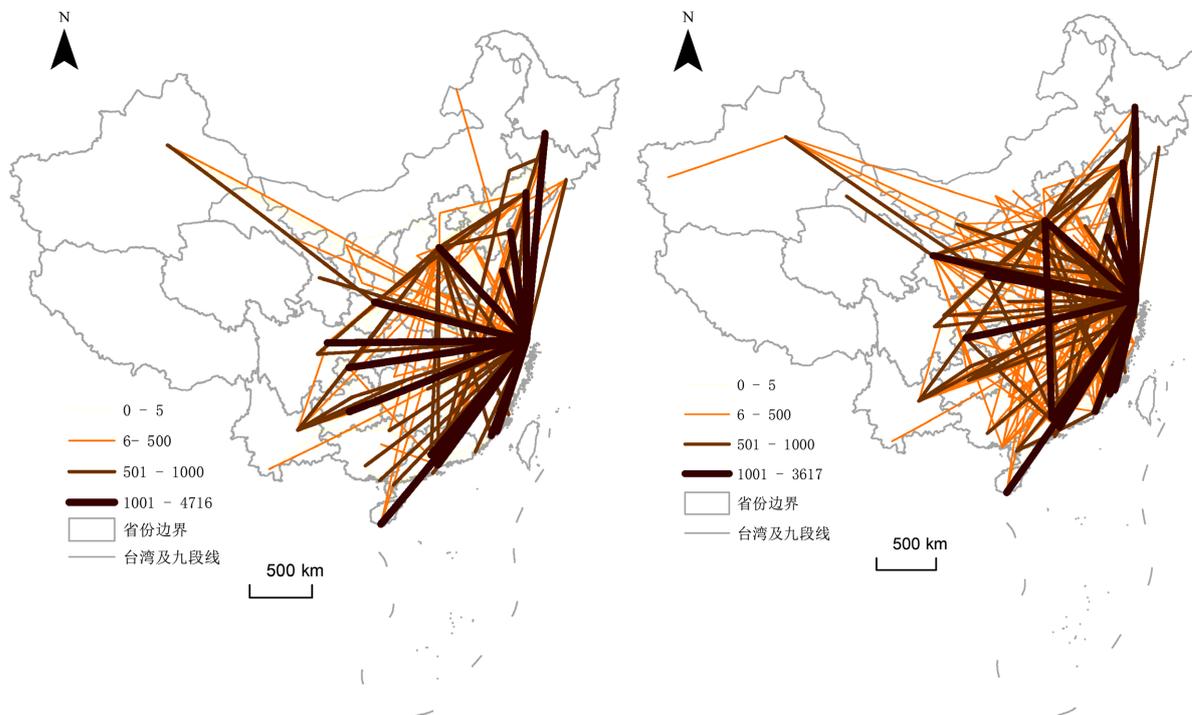


数据来源：飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

Figure 4. Flight scale sequence and cumulative probability distribution of general routes
图 4. 通航航线航班规模位序及累计概率分布

从空间上分析，航线航班的空间布局依旧呈现以上海为中心向四周辐射的态势，但航班量略有下降(图 5)。

从航班变化量分析(表 5)，2019 年航班量的增加主要是由于增加航线所致，占航班变化量的 79.58%。在前 10 位的航线中，石家庄 - 承德、上海 - 十堰、兰州 - 敦煌为增加航线，其余为 2015 年和 2019 年共有航线。减少航线主要集中在上海、厦门等城市。在前 10 位的航线中，深圳 - 辽通、长春 - 辽通、柳州 - 深圳航线已停航(表 6)。



数据来源：飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

Figure 5. Distribution of air routes and flights of Spring Airlines in 2015 and 2019

图 5. 2015 年和 2019 年春秋航空航线和航班次数分布

Table 5. The top 10 round-trip flights of Spring Airlines in 2015 and 2019

表 5. 2015 和 2019 年春秋航空往返航班架次前 10 位的航线

排 序	2015		2019	
	往返航线	架次	往返航线	架次
1	上海 - 厦门	4716	上海 - 深圳	3617
2	上海 - 深圳	3509	上海 - 广州	3520
3	上海 - 广州	2707	上海 - 厦门	3080
4	上海 - 重庆	2245	上海 - 重庆	2936
5	上海 - 沈阳	1956	上海 - 哈尔滨	1881
6	上海 - 哈尔滨	1953	上海 - 石家庄	1836
7	上海 - 贵阳	1713	上海 - 三亚	1542
8	上海 - 大连	1693	上海 - 沈阳	1477
9	上海 - 三亚	1570	上海 - 西安	1422
10	上海 - 西安	1350	上海 - 大连	1399

Table 6. The top 10 routes in 2019 with the change of round-trip flights of Spring Airlines

表 6. 2019 年春秋航空往返航班架次变化量前 10 位的航线

排 序	2015		2019	
	往返航线增量	架次	往返航线减量	架次
1	上海 - 广州	813	厦门 - 上海	1636
2	上海 - 石家庄	777	上海 - 贵阳	1007

Continued

3	石家庄 - 绵阳	767	石家庄 - 福州	657
4	石家庄 - 承德	725	深圳 - 通辽	588
5	石家庄 - 长春	708	长春 - 通辽	587
6	上海 - 十堰	696	沈阳 - 上海	479
7	上海 - 重庆	691	上海 - 北海	420
8	盐城 - 石家庄	687	上海 - 绵阳	368
9	兰州 - 敦煌	687	上海 - 桂林	348
10	上海 - 兰州	585	柳州 - 深圳	306

数据来源: 飞常准大数据平台 data.VariFlight.com。

5. 结论与展望

研究表明, 2015~2019 年, 春秋航空通航城市“东多西少、南多北少”的整体格局变化不大; 通航城市的布局向城市等级较低的城市倾斜; 航线主要集中分布在华东、中南、华北、西北地区; 2019 年与 2015 年相比, 航线数量和总里程明显增加, 但平均航距呈下降趋势, 其中短程航线下降幅度明显, 中程航线比重明显增加; 航线航班的空间布局仍是以上海为中心向四周辐射的态势, 航班量略有下降; 在总航班量增长的背景下, 以上海为中心的集聚程度降低, 说明春秋航空寻求的是区域性航空市场。

今后如若运用复杂网络理论, 借助度分布、平均路径长度等指标对以城市为节点的航空网络空间结构进行分析, 结果可能更加全面。同时随着民航业发展, 市场化程度的加深, 廉价航空接受度的提高, 进一步对不同廉价航空公司进行比较研究的意义更加明显。

参考文献

- [1] 金凤君, 孙炜, 萧世伦. 我国航空公司重组及其对航空网络结构的影响[J]. 地理科学进展, 2005, 24(2): 5968.
- [2] 金凤君, 王成金. 轴-辐侍服理念下的中国航空网络模式构筑[J]. 地理研究, 2005, 24(5): 774-784.
- [3] 焦敬娟, 王姣娥. 近 10 年海南航空网络空间格局及演化研究[J]. 地理科学, 2014, 34(5): 571-579.
- [4] 周一星, 胡智勇. 从航空运输看中国城市体系的空间网络结构[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 276-287.
- [5] Bryan, D.L. and O'Kelly, K.E. (1999) Hub and Spoke Network in Air Transportation: An Analytical Review. *Journal of Regional Science*, **39**, 275-295. <https://doi.org/10.1111/1467-9787.00134>
- [6] Mcshan, W.S. and Windle, R. (1989) The Implication of Hub and Spoke Routing for Airline Costs and Competitiveness. *Logistics and Transportation Review*, **25**, 209-230.
- [7] 焦敬娟, 王姣娥. 海航航空网络空间复杂性及演化研究[J]. 地理研究, 2014, 33(5): 926-936.
- [8] Ossr, A. and Ifdlm, B. (2020) Complex Networks of the Air Passenger Traffic in Monterrey's Airport. *Transportation Research Procedia*, **48**, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.003>
- [9] Jw, A., Hmab, C., Fw, D., et al. (2011) Exploring the Network Structure and Nodal Centrality of China's Air Transport Network: A Complex Network Approach. *Journal of Transport Geography*, **19**, 712-721. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.08.012>
- [10] Bombelli, A., Santos, B.F. and Tavasszy, L.A. (2020) Analysis of the Air Cargo Transport Network Using a Complex Network Theory Perspective. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, **138**, Article ID: 101959. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101959>
- [11] 杜德林, 王姣娥, 王玮. 中国三大航空公司市场竞争格局及演化研究[J]. 地理科学进展, 2020, 39(3): 15-24.
- [12] 杜超, 王姣娥. 南方航空网络空间格局及市场范围[J]. 地理研究, 2015, 34(7): 1319-1330.
- [13] 杜方叶, 王姣娥, 谢家昊, 等. “一带一路”背景下中国国际航空网络的空间格局及演变[J]. 地理科学进展, 2019, 38(7): 963-972.
- [14] 2019 年境内航司发展报告[EB/OL]. <https://data.variflight.com/reports>, 2020-01-15.