

长江经济带航空运输发展格局及对策建议^{*1}

吴威¹ 曹有挥^{*1} 梁双波¹ 汪军能² 张璐璐¹ 刘玮辰¹

(1. 中国科学院流域地理学重点实验室/南京地理与湖泊研究所, 中国江苏南京
210008;

2. 广西师范学院地理科学与规划学院, 中国广西南宁 530001)

【摘要】：航空运输的协调发展是构建长江经济带综合立体交通走廊的重点任务之一。文章从机场体系空间布局、机场可达性、机场空侧服务能力以及航空运输产出等方面分析长江经济带航空运输发展格局。结果表明，长江经济带航空运输在上、中游及长三角地区呈现出明显的发展差异。长三角地区机场密度大、可达性好、空侧服务水平高，绝大部分地域单元能便捷地享受到航空运输服务；中游地区机场密度与空侧服务能力最低，虽机场可达性与上游地区基本相当，其航空运输发展总体水平在三大区域中最低；上游地区机场密度较大，但空侧服务能力较低，加之集疏运体系不完善，发展水平与长三角地区差距明显。结合当前我国航空运输成本较高的现实，文章从机场体系布局与集疏运网络优化、空侧服务能力提升以及大力发展廉价航空等方面，提出了加快中上游地区航空运输发展，促进区域协调的对策建议。

【关键词】：航空运输；廉价航空；机场空侧服务；集疏运网络；空间格局；长江经济带

【中图分类号】：F560.1 **【文献标志码】**：A **【文章编号】**：1000 - 8462 (2018) 02 - 0098 - 06

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2018.02.013

长江经济带是我国国土开发中轴，也是我国综合实力最强、战略支撑作用最大的区域之一。随着“长江立体综合交通走廊”的提出，以及“长江经济带”国家战略的确立与实施，长江经济带交通发展引起了诸多学者的关注^[1]。既有研究相对集中于陆路运输和港口水运领域，对航空运输的关注较少。长江经济带公路和铁路发展存在着空间非均衡和空间极化特征^[2]，近年来陆路交通可达性提升明显，西部地区提升程度较高，但东部优于西部的格局未变^[3]；港口发展已进入港口体系升级阶段，水水中转腹地竞争尤为关键，为此应以港口群为主体形态推进沿江港口建设和转型升级^[4]。改革开放以来，长江经济带开通民航业务的机场数量由22个增加到77个，航空运输在经济社会发展中的地位日益重要，构建发达的航空网络成为长江经济带综合立体交通体系建设中的重点任务之一^[5]。

作为交通地理学的重要分支，当前航空运输地理学研究主题集中于航空网络的复杂性、机场体系与航空网络演化、航空网

¹ 收稿时间：2017 - 08 - 15；修回时间：2017 - 11 - 02

基金项目：国家自然科学基金项目（41271137）；中国科学院南京地理与湖泊研究所“一三五”战略发展规划项目（NIGLAS2012135021）

作者简介：吴威（1976—），男，安徽歙县人，博士，副研究员。主要研究方向为区域发展与运输地理。E-mail: wwu@niglas.ac.cn。

***通讯作者**：曹有挥（1959—），男，江苏扬州人，博士，研究员。主要研究方向为运输地理与区域发展。E-mail: yhcao@niglas.ac.cn。

络与城市体系等方面^[6]，其中，轴—辐式（hub-and-spoke）结构成为发达国家相关学者关注的热点^[7]，多位学者对其空间特性和经济特性进行了深入的探讨^[8-9]。国内交通地理学领域对航空运输的研究，长期以来关注的重点在于航空运输机场、航空网络与航空联系^[10-11]，涵盖机场体系空间格局^[12]、航空网络地理特征及其演化^[13-16]、航空网络与城市体系^[17]等多个方面，近年来对航空网络的复杂性等学术前沿也开展了卓有成效的研究^[18-19]。此外，航空可达性也吸引了不少学者的关注，不仅基于陆路交通网络对机场陆侧可达性及其服务范围进行了分析^[20-23]，还发展了机场空侧可达性的分析方法^[24-25]。既有成果从不同侧面对机场体系及航空运输网络进行了探讨，但从区域航空运输发展的综合性视角，对其整体发展状况进行分析与诊断的相关研究较为鲜见。

本文以长江经济带为研究区域，通过机场体系空间布局、机场可达性、机场空侧服务能力以及以此为依托的运输产出等的综合分析，探讨区域航空运输发展在上、中游及长三角地区的区域格局与存在问题，进而提出促进区域航空运输协调发展的对策建议，一方面可丰富交通地理学研究内容，另一方面也将为长江经济带航空运输的协调发展以及长江综合立体交通走廊构建提供有益参考。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域及其机场体系概况

依据《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》，长江经济带包括上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州、云南等 11 个省市，2015 年底总人口 5.88 亿，全年实现 GDP 30.5 万亿元，在全国占比分别达到 42.9%和 42.2%。按省市区位以及经济社会联系特征，本文将长江经济带划分为长江三角洲（上海、江苏、浙江、安徽）、长江中游（江西、湖北、湖南）和长江上游（重庆、四川、贵州、云南）三大地区。截至 2015 年底，研究区内共有开通民航业务的机场 77 个，根据飞行区等级，4D 及以上的高等级机场 28 个，其中 4F 机场 4 个，4E 机场 9 个，4D 机场 15 个；其余 49 个机场均为 4C 机场。

1.2 研究方法 with 数据获取

机场、航线和运力是反映航空运输布局的基本要素^[26]，也是衡量航空运输发展的关键指标。机场对于区域的服务，不仅与机场布局密切相关，更体现在机场与其腹地联系的便捷性上；机场通过航线、航班与其他机场联系，航线与航班设置在很大程度上决定了机场在空侧服务于区域的能力，航线表征机场在航空网络中联系的广度，也即网络的连通度，航班则表征联系的频度，也即网络的连通强度，同时，航班数也是决定机场运力的重要指标。因此，本文从机场体系空间布局、机场可达性、机场空侧服务能力以及以此为依托的运输产出等四个方面综合分析长江经济带航空运输发展及其格局，据此提出对策建议。其中机场体系空间布局特征以及航空运输产出主要通过数据统计分析进行探讨；机场可达性采用时间距离指标，以县域为基本研究单元（各设区市区辖区作为一个完整的地域单元，不再细分），基于公路网络分析各研究单元到达机场的最短旅行时间；机场空侧服务能力通过构建能综合反映机场航线和航班的服务能力指数衡量。

1.2.1 机场可达性

将各研究单元抽象为其行政中心所在地点位，基于公路网络计算各点位与机场间的最短旅行时间，以反映区域中各研究单元接受航空服务的便捷性。表达为：

式中： A_i 为 i 地域单元的机场可达性； T_{ij} 为 i 地域单元通过公路网络到达 j 机场的行车时间。公路网络由《中国高速公路及城乡公路网地图集（2016 版）》数字化获得。不同类型与不同等级公路行车速度根据《中华人民共和国公路工程技术标准（JTGB01-2003）》，并参考既有研究设定，高速公路、国道、省道以及县乡道行车速度分别为 100、80、60、30km/h。

1.2.2 机场空侧服务能力

机场空侧服务能力较为全面地反映了机场与航空网络中其他机场联系的广度和频度，参考加权重中心性模型 [27]，综合考虑机场航线与航班数据，构建机场空侧服务能力指数。表达为：

式中： S_r 为 r 机场的空侧服务能力指数； ROU_r 为 r 机场航线数； FLI_r 为 r 机场的周航班数； α 为赋值参数，本文采用 0.5。机场航线与航班数据来源于各机场网站及携程网，获取时间为 2015 年 10 月。

2 航空运输发展及其空间格局特征

2.1 机场体系格局及其区域差异

长江经济带机场体系格局具有明显的区域差异，机场及高等级机场分布、机场平均服务范围与服务人口在上、中游及长三角地区均呈现不同的区域分布特征。

①机场数量上游地区占有优势，但高等级机场主要集中在长三角地区。2015 年长江经济带开通民航业务的 77 个机场中，长三角地区 23 个，中游地区 15 个，上游地区 39 个，机场数量上上游地区占比超过一半，具有明显优势。从机场数量与三大地区地级及以上城市数量对比情况看，长三角地区城市平均拥有机场 0.56 个，上游地区为 0.83 个，中游地区为 0.39 个，上游地区优势仍然突出，中游地区明显滞后。但从机场等级结构上，高等级机场主要集中于长三角地区。经济带内共有 4D 及以上高等级机场 28 个，占机场总数的 35.9%，其中 14 个分布于长三角地区，占该区域机场总数的 60.9%；中、上游地区各有高等级机场 6 个和 8 个，占区域机场的比重分别为 40%和 20.5%。很明显，长三角机场体系中，高等级机场比重偏高，容易造成部分机场的建设规模与实际运营规模不匹配等问题^[12]；中游地区高等级机场占比略高于区域平均水平，而上游地区高等级机场占比远低于中游和长三角地区。

②中游地区机场平均服务范围与人口明显高于长三角和上游地区。仅从便捷性角度，机场服务范围越小、人口越少，表明区域接受机场服务越为便捷。根据机场数量及三大区域面积与人口数据，计算得到各区域机场平均服务地域范围与人口。长三角地区机场平均服务范围为 1.52 万 km^2 ，面积最小；上游地区为 2.88 万 km^2 ，居中；中游地区为 3.76 万 km^2 ，面积最大；而从机场平均服务人口来看，上游地区为 496 万人，长三角地区为 956 万人，中游地区达到 1 140 万人。综合服务面积与服务人口，长三角地区机场密度较高，虽平均服务人口高于上游地区，但其服务面积远小于经济带以及全国机场平均服务面积；上游地区机场平均服务面积低于中游地区，明显高于长三角地区，但其平均服务人口最少；中游地区机场密度最低，不仅服务面积超过 3 万 km^2 ，其平均服务人口也超过了 1 100 万。显而易见，从机场密度角度，中游地区机场建设明显滞后于长三角和上游地区。

表 1 长江经济带机场密度及机场平均服务面积与人口

区域	城市平均拥有 机场数（个）	机场服务 面积（万 km^2 ）	机场服务 人口 （万人）
长三角	0.56	1.52	955.52
中游	0.39	3.76	1 139.67
上游	0.83	2.88	496.23

2.2 机场可达性及其区域差异

得益于机场体系布局以及集疏运网络发展,长江经济带机场可达性总体较好,长三角地区具有明显优势,中游与上游地区可达性水平基本相当。

①机场可达性总体较好。为直观反映研究单元在不同可达时间范围的分布特征,以30 min为时间间隔(大于240 min的地域单元较少,故将其作为一个时间间隔不再细分),将可达时间划分为9个时间段,分析研究单元可达性的分布频率和累积频率(图1)。很明显,可达时间在30~60 min和60~90min的地域单元占据主体,两者的频率分别达到34.3%和35.2%,可达时间在90 min以内的地域单元累积频率达到了73.5%。根据国家民航总局以及已有研究成果,可达时间在90 min内的区域均被认为享有较好的航空运输服务,据此,长江经济带73.5%的地域单元能够较为便捷地享受到机场服务,其中38.4%的地域单元在60 min内能达到机场。在120 min内能到达机场的地域单元占比达到90%以上,而机场可达时间超过180 min的地域单元仅占2%,因此,总体而言,受机场布局以及集疏运网络的共同影响,长江经济带整体上具有较好的机场可达性,但不容忽视,仍有5个地域单元距离机场行车时间超过240 min,其中距离机场最远的白玉县达到705 min。

②长三角地区可达性优势明显。由机场可达性空间格局图(图2),长三角地区除浙西南与安徽省共12个地域单元外,94.4%的地域单元与最近机场的行车时间在90 min以内,且大部分地域单元在60 min之内;而中游与上游地区,仅分别有71.3%和72.1%的地域单元可达时间在90 min以内,能够便捷地享受机场服务,其中上游地区还略优于中游地区。中上游地区机场可达性的内部差异也非常明显,中游地区湖南省总体劣于江西与湖北省,上游地区四川与云南省明显劣于重庆市与贵州省,其中贵州省仅有8.6%的地域单元与机场的可达时间超过90 min,显示出其良好的机场可达性。与机场可达时间超过180 min、到达机场非常不方便的地域单元则主要集中在上游地区的四川省西北部,该类14个地域单元中有11个位于四川,其中10个均在其西北部。由此,长三角地区机场可达性优势突出,中、上游地区水平基本相当,但可达性最差的地域单元则主要集中在上游地区。上游地区机场体系布局优于中游,但机场可达性并没有表现出优势,主要原因在于上游地区机场的公路集疏运网络落后于中游地区。

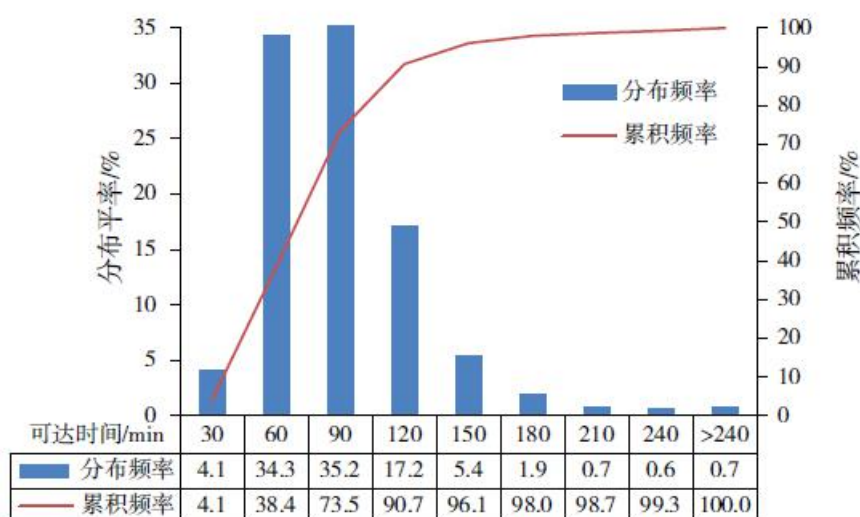


图1 长江经济带机场可达性分布频率与累积频率
Fig.1 The distribution of airport accessibility in Yangtze River Economic Belt

2.3 机场空侧服务能力及其区域差异

机场间空侧服务能力差异显著，与机场所依托的城市特征关联密切，总体上长三角地区优势突出，上游较之中游地区也略有优势。

①枢纽机场空侧服务能力较高，但大部分机场处于较低水平。根据公式（2）求算长江经济带各机场空侧服务能力指数，结果表明，机场间指数差异非常明显，服务能力最高的上海浦东机场指数值高达 895.38，而最低的宁蒗泸沽湖机场仅为 1.73，平均值为 98.69，高于平均值的机场仅有 16 个，低于平均值的机场则多达 61 个，由此反映出绝大部分机场服务能力水平较低的现实。机场空侧服务能力与所在城市行政级别密切相关，指数最高的 10 个机场均位于直辖市或省会城市。此外，机场空侧服务能力与其依托城市（区域）经济发展水平以及旅游业发展状况等关联紧密。服务能力指数高于平均水平的 16 个机场中，除 12 个位居直辖市或省会城市外，其余 4 个机场分别为温州龙湾、丽江三义、宁波栎社和无锡硕放机场，其中三义机场位于旅游城市，其他 3 个机场均位于东部经济发达城市。

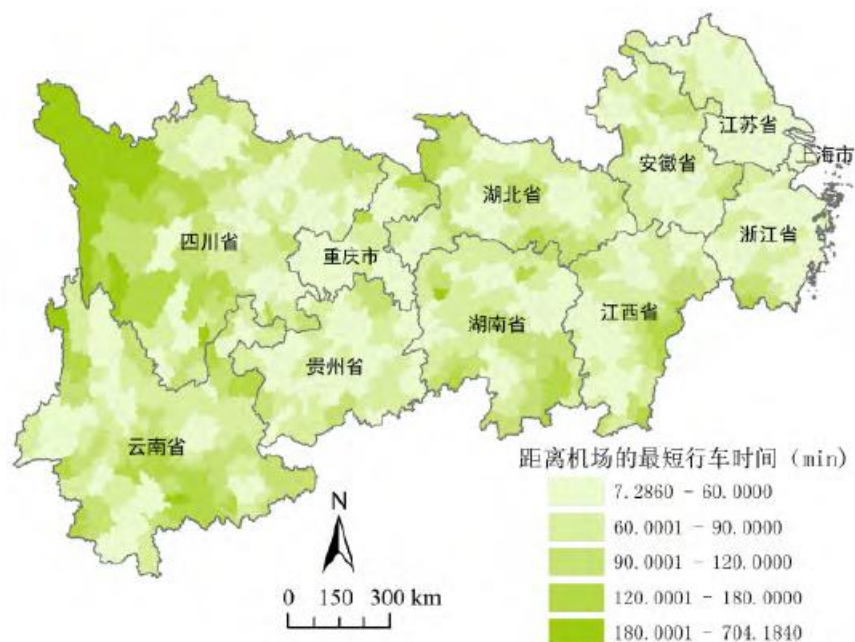


图2 长江经济带机场可达性格局

Fig.2 The pattern of airport accessibility in Yangtze River Economic Belt

②长三角地区优势突出，上游较之中游地区也略有优势。依据空侧服务能力指数，采用自然断点法将机场空侧服务能力分为高、较高、中等、较低和低五个等级，各等级机场数分别为 4、6、6、21 和 40 个，空间分布如图 3。长三角地区具有整体优势，在长江经济带 16 个服务能力处于中等及以上水平的机场中，长三角地区有 8 个，服务能力低的 40 个机场中，长三角地区仅占 7 个（集中于安徽省），该区域 23 个机场服务能力指数平均值达到 143.96，远高于经济带平均值。上游地区虽枢纽机场服务能力指数较高，服务能力居于高等级的 4 个机场中，除上海浦东机场外，昆明长水、成都双流、重庆江北等 3 个机场均位于上游地区，但由于大量支线机场指数较低（服务能力低的 40 个机场中，有 25 个位于上游地区），因此其平均值不高，为 80.60。中游地区机场数量少，没有服务能力高等级机场，中等及较高等级的机场仅有 3 个，而处于低等级的机场有 8 个，由此导致其平均服务能力指数最低，仅为 76.30。由此可见，长三角地区机场体系在空侧服务能力上遥遥领先于中上游地区，在机场平均服

务水平以及高服务能力等级机场上，上游地区较之中游地区也稍具优势。

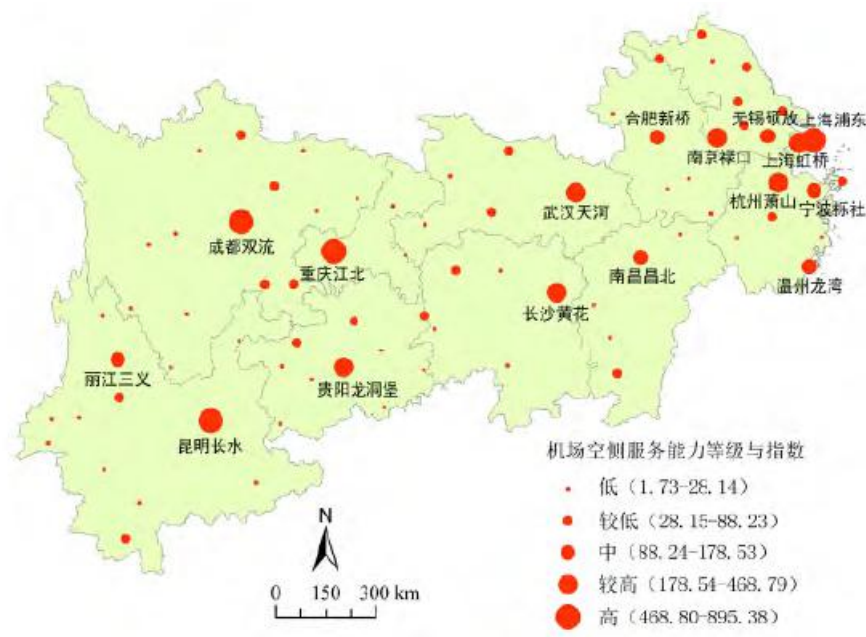


图3 长江经济带机场空侧服务能力等级与指数
Fig.3 The grade and index of airside service capability of airport in Yangtze River Economic Belt

2.4 航空运输产出及区域差异

机场吞吐量与起降架次是衡量航空运输产出的重要指标，是机场布局、机场可达性与空侧服务能力等的综合反映。2015 年长江经济带完成旅客吞吐量 3.85 亿人次，货邮吞吐量 655.5 万 t，起降 355.6 万架次，分别占全国总量的 42.13%、46.5%、41.5%，均明显高于机场及高等级机场在全国占比。航空运输产出空间格局与机场体系布局、机场可达性以及空侧服务能力格局具有较好的一致性，长三角地区优势突出，2015 年长三角地区 23 个机场完成的旅客吞吐量占长江经济带总量的 47.6%，上游地区 39 个机场完成的吞吐量占比为 38.9%，而中游地区 15 个机场完成的吞吐量占比仅为 13.5%，即便从机场平均完成的旅客吞吐量而言，中游地区也略低于上游地区；在货邮吞吐量上，长三角地区占比高达 74.0%，上游地区占比为 20.7%，而中游地区仅占到 5.3%，集中于长三角，上游地区高于中游地区的态势更为明显；起降架次上，长三角地区占比为 42.6%，上游和中游地区占比分别为 39.5%和 17.9%，与吞吐量具有较好的一致性。旅客吞吐量超过 100 万人次的机场共有 27 个，其中长三角地区 12 个，中游地区 6 个，上游地区 9 个，集中于长三角地区的态势亦非常明显。

综上所述，长江经济带航空运输在上、中游及长三角地区呈现出明显的发展差异。长三角地区不仅机场密度大、可达性好，其机场空侧服务能力也高，区域内绝大部分地域单元与人口均能非常便捷地享受到航空运输带来的便利，由此航空运输产出也集中于长三角地区。中游地区机场密度低，单位机场服务的地域面积和人口数量巨大，而机场空侧服务能力低，虽得益于陆路集疏运网络，其机场可达性与上游地区基本相当，但航空运输发展总体水平在三大区域中最低，运输产出水平也最低。上游地区面积广大、人口相对稀疏，机场密度较高，但由于经济发展程度相对较低，集疏运体系不完善，仍有不少地区难以便捷地享受航空服务，加之大部分机场空侧服务能力低下，总体发展水平与长三角地区差距明显。为此，从机场体系布局与集疏运网络优化、空侧服务能力提升等方面，加快中上游地区航空运输发展成为促进长江经济带航空运输协调发展的重点和关键。此外，受多种因素的影响，我国航空运输成本在国际上处于偏高水平，尤其在支线机场，受客货流量的影响，单位运输成本明显高于

干线机场与枢纽机场。高成本导致我国航空公司票价较高，在中上游广大偏远地区，航空票价较之收入水平远非普通民众所能承受，从而影响到航空运输的市场竞争力。Rome2Rio（旅游交通搜索引擎）对 2016 年 3 月份全球航空公司大数据进行了分析，发现 25 家最受欢迎的低票价国际航空公司均在亚太地区，但中国大陆没有一家公司入列。在国内航空票价上，我国绝大部分航空公司座公里票价明显高于周边的俄罗斯、泰国、印尼、印度等国家，甚至高于美国^①，而 2014 年我国人均收入不到美国的 10%。

3 长江经济带航空运输发展的对策建议

3.1 提升中上游地区机场密度，强化机场快速集疏运网络建设

航空运输的经济技术特征决定了其在中长途运输中具有比较优势，但随着高速铁路的快速发展，近年来我国航空运输面临着高铁等新兴运输方式的激烈竞争。由于高铁基础设施建设投资巨大，从效益角度，高铁建设对客流量的要求也较高，相对而言，我国西部大部分地区地广人稀，其高速铁路发展水平难以与东部地区相比，这就使得高铁与航空的竞争主要集中在城市密集地区、大城市地区和经济走廊地区，航空运输在我国西部具有竞争优势 [28]。因此，综合考虑发展基础、发展需求以及投资的可行性，长江经济带机场建设的重点区域应在中上游地区。根据现状机场格局特征和国家“基本航空服务”要求，新建机场项目应向目前机场可达时间超过 90 min 的地域单元集中分布的赣南、湘西南、湘北、鄂中、鄂西北、滇南以及川西等区域倾斜。由于人口密度以及经济发展水平较低，近期客流量较少，新建机场以等级在 4C 及以下的支线机场为主。此外，由于中上游地区机场集疏运网络密度与等级较之长三角地区也明显偏低，在加快机场建设的同时，应大力完善机场集疏运体系，提升机场可达性和旅客出行便捷性。一方面，强化机场与周边地区主要城市（镇）快速交通连接线建设，提升周边地区居民抵达机场的舒适性和便捷性；另一方面，强化机场与区域性干线路网以及车站等交通枢纽的快速交通连接线建设，拓展机场腹地。

3.2 提升机场体系空侧服务能力

在机场陆侧可达性总体较好的背景下，空侧服务能力在很大程度上决定了机场的市场吸引力和腹地范围，反过来，市场吸引力提升和腹地范围拓展也将促进机场空侧服务能力的提升。中上游地区机场体系空侧服务能力明显低于长三角地区，提升其服务能力是促进整个区域航空运输发展的关键环节。

①多方式开拓航空运输市场。针对中上游地区远距离外出务工人员较多的客观现实，加大针对性宣传和服务，积极开拓外出务工人员客源；争取地方政府支持，鼓励远距离公务出行选择航空运输方式，积极开拓公务客源。同时充分利用互联网，大力发展“互联网+航空”服务，加大网络营销，借助 QQ 群、微信群、短信平台以及外出务工人员主要集聚地的同乡论坛等信息传递途径，实时发布航线、航班、票价以及集疏运交通等信息，降低潜在客源信息获得成本。

②优化航空网络组织模式。我国目前航空网络仍以城市对为主^[12]，由于大部分城市对，尤其是中小城市对间直接客流量较少，引致中小城市机场航线、航班少，运营成本高，旅客出行不便。而在国际上，发达国家航空网络主要以轴—辐式组织为主，在支线机场与枢纽机场间采用小型航空器，在枢纽与枢纽之间采用大型航空器，从而实现航班客座率与航班密度之间的平衡。在长江经济带支线机场建设加快和枢纽机场功能提升的背景下，加快航空网络结构的调整优化，鼓励航空公司开行支线机场与枢纽机场间的航线，逐步在轴—辐式网络和城市对航线之间进行均衡，并最终形成以轴—辐式网络为主的航空网络结构^[12]，对于提升航班客座率以及机场空侧服务能力将起到重要作用。

③强化政府对偏远地区航空发展的扶持。长江经济带上游地区经济发展水平较低，加之地广人稀，地形复杂，高速公路、高速铁路等高速交通方式在未来一段时间内仍难以实现全面覆盖，据此国务院提出了“基本航空服务计划”，将航空运输作为偏远地区高速交通的重要方式。但由于运输业普遍存在的规模经济和范围经济，偏远地区机场建设完成后，尤其在运营初期，由于客流量少，运营成本和机票价格高，抑制了航空运输的市场需求，进而使得机场服务能力与市场需求间形成恶性循环，导致机场发展陷入僵局。为此，对于偏远地区机场，国家及地方政府应加强对机场建设及运营的扶持，鼓励居民采用航空运输出

行, 大力培育航空运输市场。

3.3 鼓励发展廉价航空

廉价航空起源于欧美, 在欧美地区取得成功后逐渐走进亚洲以及中国市场。国外经验表明, 低成本航空主要在支线机场运营, 实行点到点航线, 采用单一机型和单一客舱布局, 运营短途航线, 基本上不提供或者很少提供机上服务, 以此降低运营成本^[7]。相对于我国目前发展阶段和居民收入水平, 对于普通民众, 机票价格依然偏高, 发展廉价航空具有良好的市场前景。长江经济带中上游地区仍有不少地区陆路高速交通发展滞后, 而航空运输又因为高票价普遍面临着客源不足、服务能力低等问题, 这就使得这些地区发展廉价航空具有天然优势。为此, 应依托支线机场, 引进廉价航空公司, 大力发展与周边干线机场及枢纽机场间的中短途航线, 通过机票价格优势吸引客货源集聚, 进而逐步提升机场航线航班密度, 促进客货流与机场服务能力间的互促发展, 提升中上游地区航空运输发展水平。

参考文献:

- [1] 王成金, 程佳佳, 马丽. 长江立体化综合交通运输走廊的空间组织模式 [J]. 地理科学进展, 2015, 34(11): 1 441 - 1 448.
- [2] 吕承超, 宫攀. 长江经济带交通基础设施空间均衡度研究 [J]. 人文地理, 2016, 31(6): 137 - 144.
- [3] 傅钰, 钟业喜, 冯兴华. 长江经济带陆路交通可达性格局演变研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(10): 1 484 - 1 491.
- [4] 曹有挥, 蒋自然, 陈欢, 等. 长江沿岸港口体系的形成过程与机制 [J]. 地理科学进展, 2015, 34(11): 1 430 - 1 440.
- [5] 金凤君, 张海荣. 长江经济带交通体系建设与重庆的通道战略 [J]. 西部论坛, 2017, 27(2): 30 - 38.
- [6] 王姣娥, 莫辉辉. 航空运输地理学研究进展与展望 [J]. 地理科学进展, 2011, 30(6): 670 - 680.
- [7] Rodrigue J P, Comtois C, Slack B. The geography of transport system (third edition) [M]. Routledge, New York: 2013.
- [8] O' Kelly M E. A geography' s analysis of hub-and-spoke networks [J]. Journal of Transport Geography, 1998, 6(3): 171 -186.
- [9] Horner M W, O' Kelly M E. Embedding economies of scale concepts for hub network design. [J]. Journal of Transport Geography, 2001, 9(4): 255 - 265.
- [10] 王成金, 金凤君. 中国交通运输地理学的研究进展与展望 [J]. 地理科学进展, 2005, 24(6): 66 - 78.
- [11] 曹小曙, 彭灵灵. 中国交通运输地理学近十年研究进展 [J]. 人文地理, 2006, 21(3): 104 - 109.
- [12] 王娇娥, 金凤君, 孙炜, 等. 中国机场体系的空间格局及其服务水平 [J]. 地理学报, 2006, 61(8): 829 - 838.

-
- [13] 金凤君. 我国航空客流网络发展及其地域系统研究 [J]. 地理研究, 2001, 20(1): 31 - 39.
- [14] 王法辉, 金凤君, 曾光. 中国航空客运网络的空间演化模式研究 [J]. 地理科学, 2003, 23(5): 519 - 526.
- [15] Jin F J, Wang F H, Liu Y. Geographic patterns of air passenger transport in China 1980-1998: imprints of economic growth, regional inequality, and network development [J]. The Professional Geographer, 2004, 56(4): 471 - 487.
- [16] 金凤君, 王成金. 轴-辐-圈层理念下的中国航空网络模式构筑 [J]. 地理研究, 2005, 24(5): 774 - 784.
- [17] 周一星, 胡志勇. 从航空运输看中国城市体系的空间网络结构. 地理研究 [J]. 地理研究, 2002, 21(3): 276 - 286.
- [18] 王姣娥, 莫辉辉, 金凤君. 中国航空网络空间结构的复杂性 [J]. 地理学报, 2009, 64(8): 899 - 910.
- [19] 王姣娥, 莫辉辉. 中国航空网络演化过程的复杂性研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(1): 71 - 80.
- [20] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 开放条件下长江三角洲区域的综合交通可达性空间格 [J]. 地理研究, 2007, 26(2): 391 - 402.
- [21] 姜海宁, 谷人旭, 陆玉麒, 等. 江苏省民用机场可达性及其服务能力评价 [J]. 地理科学, 2010, 30(4): 521 - 528.
- [22] 戴特奇, 张玉韩, 赵娟娟. 中国民用运输机场的可达性溢出效应研究 [J]. 地理学报, 2013(12): 1 668 - 1 677.
- [23] 潘竟虎, 从忆波. 中国民用机场可达性与服务范围测度 [J]. 经济地理, 2015, 35(2): 46 - 53.
- [24] 贾鹏, 刘瑞菊, 杨忠振. 基于陆域和空域运输系统的空港可达性评价方法研究 [J]. 经济地理, 2013, 33(6): 91 - 97.
- [25] Yang Z H, Yu S, Notteboom T. Airport location in multiple airport regions (MARs): The role of land and airside accessibility [J]. Journal of Transport Geography, 2016, 52: 98 - 110.
- [26] 唐小卫, 李杰, 张敏. 航空运输地理 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [27] 焦静娟, 王姣娥, 金凤君, 等. 高速铁路对城市网络结构的影响研究——基于铁路客运班列分析 [J]. 地理学报, 2016, 71(2): 265 - 280.
- [28] 王姣娥, 胡浩. 中国高铁与民航的空间服务市场竞合分析与模拟 [J]. 地理学报, 2013, 68(2): 175 - 185.